

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
„КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”

ФАКУЛЬТЕТ ЕЛЕКТРОНІКИ
КАФЕДРА ЗВУКОТЕХНІКИ ТА РЕЄСТРАЦІЇ ІНФОРМАЦІЇ

«На правах рукопису»
УДК 007.52.519.713

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Г.Г.Власюк
(підпис) (ініціали, прізвище)

«09» грудня 2019 р.

Магістерська дисертація
на здобуття ступеня магістра

спеціальність _____ 171 Електроніка
(код та назва напряму підготовки або спеціальності)

на тему _____ Електронна система з безпроводовим каналом керування
інтелектуальним протизавадним фільтром

Виконав: студент II курсу, групи ДВ-81мп

_____ Заруба Дмитро Сергійович _____
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Науковий керівник доц. каф ЗТРІ, доц. к.т.н., Швайченко В. Б. _____
(посада, вчене звання, науковий ступень, прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент: _____
(посада, вчене звання, науковий ступень, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2019 року

**Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського”**

Факультет електроніки
(повна назва)

Кафедра звукотехніки та реєстрації інформації
(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність 171 Електроніка
(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма Електронні системи мультимедіа та засоби Інтернету речей

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Г.Г.Власюк
(підпис) (ініціали, прізвище)

«15» вересня 2018 р.

**З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ ДИСЕРТАЦІЮ СТУДЕНТУ**

Заруба Дмитро Сергійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації Електронна система з безпроводовим каналом керування інтелектуальним протизавадним фільтром

науковий керівник дисертації Швайченко Володимир Борисович к.т.н., доц.,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від « 07 » листопада 2019 року №3859-с

2. Термін подання студентом дисертації « 09 » грудня 2019 р.

3. Об'єкт дослідження Електромагнітна сумісність як проблема в роботі електричних приладах та пристроях

4. Вихідні дані методи використання двоканального способу передачі обчислень за допомогою хмарного обчислення з технологією Wi-Fi і при його відсутності технології Bluetooth, інтелектуальний протизавадний фільтр з системою керування на основі технології Wi-Fi, мікроконтролер на базі модуля ESP-WROOM-32.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити 1. Електромагнітна сумісність звукотехнічних систем. 2. Протизавадні фільтри як спосіб вирішення проблеми ЕМС. 3. Керування інтелектуальним мережевим протизавадним фільтром за

допомогою технології Bluetooth. 4. Розробка стартап-проекту. Загальні висновки. Список використаних джерел.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: Презентація: Поняття електромагнітної сумісності, Основні групи ЕМС електроенергетики, Аналогові звукотехнічні системи, Допустимі похибки, Спосіб вирішення ЕМС, Принципова схема протизавадного фільтру, Таблиця типових ПЗФ, Керування протизавадним фільтром, Удосконалена структура ІМПЗФ з віддаленим контролем, ESP-WROOM-32.

7. Орієнтовний перелік публікацій: Наукова і практична частина дисертаційної роботи оприлюднена та обговорена на кафедральній конференції «Сучасні технології кіно та аудіовізуальних систем», (м. Київ, 2019р.), Терещенко Т.О., Хижняк Т.А., Лайкова Л.Г., Овсієнко М.Ю., Заруба Д.С. Визначення несправностей елементів напівпровідникових перетворювачів. Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. 2018. Том 29(68) № 5, частина 3, с. 127-132.

8. Дата видачі завдання 15.09.2018 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Огляд літературних джерел стосовно електромагнітної сумісності	15.09.18-01.12.18	
2	Аналіз розвитку звукотехнічних систем та впливу на них кондуктивних завад	01.12.18-01.04.19	
3	Розгляд способів обмежень завад, шумів, наведень	01.04.19-01.06.19	
4	Огляд способів керування протизавадними фільтрами	01.06.19-01.08.19	
5	Аналіз можливостей керування ПЗФ за допомогою Wi-Fi технологій	01.08.19-01.10.19	
6	Теоретичне дослідження керування інтелектуальним ПЗФ за допомогою модуля ESP-WROOM-32	01.10.19-01.11.19	
7	Розробка стартап-проекту	01.11.19-01.12.19	
8	Оформлення ТЗ	01.12.19-10.12.19	

Студент

(підпис)

Д. С. Заруба
(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

(підпис)

В. Б. Швайченко
(ініціали, прізвище)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	11
1. ЕЛЕКТРОМАГНІТНА СУМІСНІСТЬ ЗВУКОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ.....	17
1.1. Поняття електромагнітної сумісності.....	17
1.2. Аналіз розвитку звукотехнічних систем сьогодення.....	22
1.3. Вимірювання показників електромагнітної сумісності	27
1.4. Способи обмеження завад, шумів, наведень в аудіотрактах.....	29
2. ПРОТИЗАВАДНІ ФІЛЬТРИ ЯК СПОСІБ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ЕМС.....	36
2.1. Аналіз протизавадних фільтрів.....	36
2.2. Структури мережних протизавадних фільтрів в звукотехнічних системах.....	42
2.3. Керування протизавадним фільтром.....	54
3. КЕРУВАННЯ ІМПЗФ ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕХНОЛОГІЇ BLUETOOTH.....	63
3.1. Технологія Bluetooth.....	63
3.2. Використання Bluetooth технологій в керуванні ІПЗФ.....	71
3.3. Вибір мікроконтролера для двоканального зв'язку.....	71
4. РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ.....	77
4.1. Опис ідеї проекту.....	79
4.2. Технологічний аудит ідеї проекту.....	79
4.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.....	80
4.4. Розробка маркетингової програми стартап-проекту.....	83
ВИСНОВКИ.....	85
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	87
ДОДАТОК А.....	90

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація: 97 с., 29 рис., 19 табл., 1 дод., 42 джерела.

ДІАГНОСТУВАННЯ, ЕЛЕКТРОМАГНІТНА СУМІСНІСТЬ,
ЗВУКОТЕХНІЧНА СИСТЕМА, КОНДУКТИВНІ ЗАВАДИ,
ПРОТИЗАВАДНИЙ ФІЛЬТР, ТЕХНОЛОГІЇ WI-FI ТА BLUETOOTH.

Актуальність теми. Сьогодні технології ідуть стімко вперед. Давно вже стало не рідкістю винайдення або покращення того чи іншого приладу, що допомагав би у побуті.

Наразі приблизно половина розробок не проходить на відповідність при первинному тестуванні. Одною з головних причин є не проходження випробувань на електромагнітну сумісність. Причин цьому декілька: відсутність знань по ЕМС, неправильне застосування правил ЕМС, непередбачувані взаємодії між елементами схеми, які неможливо прорахувати за допомогою симуляцій, включення несумісних модулів або компонувальних вузлів в кінцевий пристрій. Такі дані оголошує британська компанія з надання послуг у сфері незалежної експертизи, контролю, випробувань, сертифікації і служба тестувань - компанія Intertek Group.

Тому питання ЕМС слід розглядати більш ретельно, оскільки, прилади з розвитком науки стають більш складними, а це свідчить і про збільшення кількості та сили завад, шумів, наведень в них.

Сьогодні відомо про багато технічних засобів забезпечення ЕМС, наприклад екранування, однак, найбільш розповсюдженим та одним з основних є використання протизавадного фільтру (ПЗФ). Його заслугою є можливість налаштування параметрів схеми в реальному часі. Наразі існує розробка, що дозволяє керувати ПЗФ за допомогою мережевих «хмарних» обчислень по системі Wi-Fi. Але це створює деякі незручності у використанні такі як:

1. Необхідний постійний та безперебійний зв'язок з сервером;
2. Відносно велике споживання енергії як зі сторони серверу, так і зі сторони клієнта, що надсилатиме і прийматиме сигнали зчитування та корегування параметрів відповідно.

Як варіант можна використовувати технологію Bluetooth для передачі та прийому даних на ПЗФ. Цей спосіб дозволяє уникнути вищезазначених проблем використання аналогічної по принципу роботи з «хмарними» обчислюваннями, однак, породжує свої труднощі такі як:

1. Діє обмеження щодо використання приладів на відстані більше 15м так як зв'язок на цій дистанції зникає
2. Використовуючи більш старі версії Bluetooth (до 5.0) є можливість використання лише одного пристрою.

Таким чином найкращим варіантом буде поєднання обох способів обчислень як по системі Wi-Fi, так і по Bluetooth. Це дозволить використовувати прилади з ПЗФ практично в будь-яких умовах. При неможливості зкорегувати параметри ПЗФ за допомогою «хмарних» обчислень через Wi-Fi система керування фільтром звернеться до обчислення через канал зв'язку Bluetooth і навпаки.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертація була підготовлена на кафедрі звукотехніки та реєстрації інформації Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського» відповідно до завдань держбюджетної теми МОН України «Гетерогенна мережа збору, передачі та обробки інформації для системи розподіленої генерації MicroGrid» (ДР № 0119U001184).

Мета і завдання роботи. Метою роботи є розробка методу та засобів забезпечення ЕМС, які обмежують рівень завад сучасної звукотехнічної апаратури.

Для досягнення поставленої мети в дисертаційній роботі потрібно вирішити такі задачі:

1. Провести аналіз сучасних тенденцій розвитку в галузі створення ЗТС.
2. Обґрунтувати вибір раціонального способу обмеження рівнів завад в ЗТС, які використовують цифрові сигнальні процесори чи високопродуктивні мікроконтролери.
3. Довести можливість і доцільність побудови інтелектуальних ПЗФ, в

якому система керування вдосконалює функцію обмеження рівня завад за допомогою функції моніторингу ЕМО, внаслідок налаштування АЧХ на реальний рівень завад.

4. Показати доцільність використання двоканального способу передачі обчислень з метою формування сигналів, протифазних з тональною завадою, до межі, встановленої нормативними документами.

Об'єкт дослідження – процеси перетворення сигналу верхньої смуги звукових частот в ЗТС за допомогою протизавадних фільтрів та цифрових сигнальних процесорів.

Предмет дослідження – методи використання двоканального способу передачі обчислень за допомогою хмарного обчислення з технологією Wi-Fi і при його відсутності технології Bluetooth.

Методи дослідження. В роботі використовувалися методи теорії системного аналізу звукотехнічних систем та забезпечення ЕМС у них. Виконано спектральний аналіз та вивчена теорія кодування для визначення спектрів завад, методи теорії електромагнітної сумісності для наглядної ефективності запропонованих методів і засобів. Використовувалися різноманітні методи теорії електромагнітних процесів і електронних систем для аналізу звукових сигналів і завад.

Наукова новизна одержаних результатів.

У процесі виконання магістерської дисертації отримані такі нові наукові результати:

1. Детальніше досліджено вплив завад, спотворень, шумів та наведень на звукотехнічні системи.

2. Став можливим подальший розвиток методики адаптивного зменшення рівня кондуктивних завад за допомогою зняття обмеження на вношуване згасання ПЗФ при критичних частотах завдяки зменшенню тональних завад, характерних для звукотехнічних систем, рівень яких перевищує вимоги нормативних документів.

3. Запропоновано розширити метод віддаленого керування

інтелектуальним ПЗФ завдяки використанню не тільки «хмарних» обчислень за допомогою технологій передачі інформації через Wi-Fi, а і технології Bluetooth. Це дозволяє в реальному часі вирішити проблему забезпечення ЕМС в умовах мінливого погіршення електромагнітної обстановки.

Особистий внесок здобувача. Основні результати магістерської дисертації отримані автором самостійно. Автором обґрунтовано доцільність розробки методів і засобу забезпечення ЕМС в ЗТС за допомогою ПЗФ, що використовують двоканальний тип передачі даних.

Апробація результатів дисертації. Наукова і практична частина дисертаційної роботи оприлюднена та обговорена на кафедральній конференції «Сучасні технології кіно та аудіовізуальних систем», (м. Київ, 2019р.), Терещенко Т.О., Хижняк Т.А., Лайкова Л.Г., Овсієнко М.Ю., Заруба Д.С. Визначення несправностей елементів напівпровідникових перетворювачів. Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. 2018. Том 29(68) № 5, частина 3, с. 127-132.

SUMMARY

Actuality of theme. Today, technology is steadily advancing. It has long been a rarity to invent or improve a particular device that would help in everyday life.

Currently, about half of the developments do not qualify for initial testing. One of the main reasons is not passing electromagnetic compatibility tests. There are several reasons for this: lack of knowledge of EMC, misapplication of EMC rules, unpredictable interactions between circuit elements that cannot be calculated by simulations, the inclusion of incompatible modules or layout nodes in the terminal device. This data is being announced by the UK-based independent testing, testing, certification, certification and testing services company Intertek Group.

Therefore, the issue of EMC should be considered more carefully, as devices with the development of science become more complex, and this indicates an increase in the number and strength of interferences, noise, guidance in them.

Many EMC techniques are known today, such as shielding, however, the most common and one of the most common is the use of a noise filter (PFD). Its merit is the ability to configure circuit parameters in real time. Currently, there is a development that allows the management of PFP using cloud-based network computing over Wi-Fi. But it does cause some inconvenience to use such as:

1. A constant and uninterrupted connection to the server is required;
2. Relatively high power consumption from both the server side and the client side, which will send and receive readout and correction signals accordingly.

Alternatively, you can use Bluetooth technology to transmit and receive data to the PFD. This method avoids the aforementioned problems of using a similar principle of working with "cloud" computing, however, raises its difficulties such as:

1. There is a restriction on the use of devices more than 15m away as the connection at this distance disappears
2. Using older versions of Bluetooth (up to 5.0), you can only use one device.

So the best option would be to combine both methods of calculations on both Wi-Fi and Bluetooth. This will allow the use of PFP devices in almost any

conditions. If you cannot adjust the PFP settings using cloud computing over Wi-Fi, the filter management system will refer to the calculation via Bluetooth and vice versa.

Relationship with working with scientific programs, plans, topics. The dissertation was prepared at the Department of Sound Engineering and Information Registration of the National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute. Igor Sikorsky "in accordance with the tasks of the budgetary theme of the Ministry of Education and Science of Ukraine" Heterogeneous Network of Collection, Transmission and Processing of Information for the MicroGrid Distributed Generation System "(DR No. 0119U001184).

The purpose and tasks of the work. The purpose of the work is to develop a method and means of providing EMCs that limit the noise level of modern audio equipment.

In order to achieve this goal in the dissertation it is necessary to solve the following problems:

1. Conduct an analysis of current trends in the development of ZTS.
2. To justify the choice of a rational way of limiting the levels of interference in ZTS that use digital signal processors or high-performance microcontrollers.
3. Prove the feasibility and feasibility of building intelligent PFPs, in which the control system improves the function of limiting the noise level by means of the EMO monitoring function, due to the setting of the frequency response to the real level of noise.
4. Demonstrate the feasibility of using a two-channel method of transmission of calculations for the purpose of forming antiphase signals with tone interference to the limit set by regulatory documents.

The object of study is the processes of converting the signal of the upper band of audio frequencies into the ZTS by means of anti-noise filters and digital signal processors.

The subject of the study is methods of using dual-channel cloud computing with Wi-Fi technology and in the absence of Bluetooth technology.

Research methods. The methods of the theory of system analysis of sound systems and providing EMC in them were used in the work. Spectral analysis and coding theory were studied to determine interference spectra, electromagnetic compatibility theory methods for demonstrating the effectiveness of the proposed methods and means. Various methods of the theory of electromagnetic processes and electronic systems have been used for the analysis of sound signals and interference.

Scientific novelty of the obtained results.

The following new scientific results were obtained in the course of the master's thesis:

1. The effect of interference, distortion, noise and interference on sound systems is investigated in more detail.
2. It became possible to further develop the method of adaptive reduction of the level of conductive noise by removing the restriction on the attenuated PFP attenuation at critical frequencies by reducing the tone interference characteristic of sound systems.

Keywords: conducted noise, diagnostics, electromagnetic compatibility, noise suppression filter, sound engineering system, Wi-fi and Bluetooth technologies.

Вступ

Значна частина пристроїв не проходить випробовувань стосовно електромагнітної сумісності. Через це цьому явищу необхідно приділяти багато уваги. В основному ЕМС виражається в кондуктивних завад. Для того щоб уникнути завад, шумів та наведень використовують багато способів. Один з них – використання протизавадних фільтрів. Однак, в залежності від місця розташування приладу або пристрою, від умов навколишнього середовища, від природи завад та ін. параметрів необхідно використовувати ті чи інші ПЗФ.

Метою роботи є висвітлення проблеми, та запропонувати використання інтелектуального мережевого протизавадного фільтру через двоканальну систему керування. Це удосконалений варіант звичайного ПЗФ, який за допомогою технологій Wi-Fi та Bluetooth буде відправляти отримані дані на сервер, використовувати «хмарні» обчислення і коригуватися самостійно в залежності від умов використання. Це дозволить використовувати прилади з ПЗФ практично в будь-яких умовах. При неможливості зкорегувати параметри ПЗФ за допомогою «хмарних» обчислень через Wi-Fi система керування фільтром звернеться до обчислення через канал зв'язку Bluetooth і навпаки.

Очікується, що результати досліджень суттєво сприятимуть подальшому розвитку в високоточних звукотехнічних системах або в технологіях в цілому.

У сучасних звукотехнічних системах (ЗТС) джерел вторинного електроживлення, мобільних телефонів, планшетів, підсилювачів звукової частоти портативних колонок, приставках, що застосовують цифрові сигнальні процесори (ЦСП) у колах оброблення та керування, використовуючи складну обробку сигналів як: компандування, спеціальних нелінійних ефектів, фільтрації, еквалізації, тощо, повинні забезпечувати

високоякісне відтворення звуку. Однак, такі системи мають задовольняти жорстким вимогам до низького рівня електромагнітної емісії, малого об'єму, розміру та ваги. Існує декілька способів, що забезпечують відповідність цим вимогам. Одні з них:

- 1) Обробка звукових сигналів, на основі процедури передискретизації, що дозволяє рівномірно розподілити завади шумів квантування;
- 2) Використання спеціальних організаційних рішень в разі застосування ЗТС в умовах складної завадової електромагнітної обстановки;
- 3) Застосувати схемотехнічні методи обмеження завадових спектральних складників;
- 4) Знизити чутливість електронних засобів до впливу емісій оброблюваних сигналів та підвищенням їх завадостійкості.

У реальних умовах в місці розташування електрообладнання діє велика кількість різного роду випромінювань. Метою ЕМС є забезпечення нормальної, стабільної роботи спільно працюючих технічних засобів. Предметом же вивчення можна вважати виявлення закономірностей взаємодії спільно працюючих технічних засобів, на базі яких формуються рекомендації для досягнення ЕМС.

Проблема ЕМС існує при наявності трьох складових:

- має бути джерело завад (шумів),
- повинна бути схема-приймач, чутлива до шумів (завад),
- необхідна наявність каналу зв'язку для передачі завад від джерела до приймача.

При аналізі проблеми завад перш за все слід визначити: що є джерелом завад, що служить їх приймачем і яким чином джерело та приймач пов'язані один з одним. Отже, існує три способи усунення проходження завад:

- 1) мінімізація передачі завад через канал зв'язку;
- 2) обмеження шумів в джерелі;
- 3) створення приймача, нечутливого до завад.

У деяких випадках необхідно застосовувати два або навіть всі три зазначених способи обмеження шумів.

Забезпечення ЕМС ЗТС можливо досягти застосуванням спеціальних протизавадних фільтрів (ПЗФ). Проте, слід знати, що це приводить до того, що звужується сфера застосування і збільшується вартість, габарити ЗТС та зростає ризик ураження струмом витоку. Для того, щоб досягти компромісу між вимогами ЕМС, якістю звукового сигналу і енергоспоживанням можливо завдяки інтелектуальним («розумним») ПЗФ.

1. ЕЛЕКТРОМАГНІТНА СУМІСНІСТЬ В ЗВУКОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМАХ

1.1. Поняття електромагнітної сумісності

Електромагнітна сумісність (ЕМС) — здатність радіоелектронних засобів і випромінювальних пристроїв одночасно функціонувати з обумовленою якістю в реальних умовах експлуатації з урахуванням впливу ненавмисних радіозавад і не створювати неприпустимих радіозавад іншим радіоелектронним засобам [1].

У реальних умовах в місці розташування електрообладнання, в даному випадку в звукотехнічних системах, діє велика кількість різного роду випромінювань. Їх облік можливий за допомогою методів теорії ймовірності та математичної статистики. Забезпечення нормальної роботи спільно працюючих технічних засобів є метою ЕМС як наукової проблеми.

Нещодавно Міжнародна електротехнічна комісія (ІЕС) опублікувала два міжнародних стандарту в сфері ЕМС, а саме [2]:

ІЕС 61000-4-30: 2015 «Електромагнітна сумісність. Частина 4-30: Методи випробувань і вимірювань. Методи вимірювання якості електроенергії»;

CISPR 14-2: 2015 «Електромагнітна сумісність. Вимоги до побутової техніки, електричних інструментів та аналогічних пристроїв. Частина 2: Імунітет. Сімейство стандартів».

Стандарт ІЕС 61000-4-30:2015 «Електромагнітна сумісність. Частина 4-30: Методи випробувань і вимірювань. Методи вимірювання якості електроенергії» є одним із стандартів серії ІЕС 61000, яка складається з семи окремих частин. Він був розроблений фахівцями підкомітету SC 77A «Електромагнітна сумісність низькочастотних явищ» технічес комітету ІЕС ТК 77 «Електромагнітна сумісність». ІЕС 61000-4-30: 2015 – це третє видання даного стандарту, що є результатом технічного перегляду.

Документ встановлює вимоги та методологію проведення вимірювань, надає загальні відомості про класи, описує терміни та визначення і містить посилання на пов'язані нормативні документи. У ньому описані такі параметри якості енергії, як частота мережі, величина напруги, мерехтіння, провали і переривання напруги. В останньому виданні переглянуті і доповнені методи вимірювань.

Стандарт CISPR 14-2: 2015 «Електромагнітна сумісність. Вимоги до побутової техніки, електричних інструментів та аналогічних пристроїв. Частина 2: «Завадостійкість» спрямований на встановлення єдиних вимог для захисту від електромагнітних завад зазначеного обладнання. Документ встановлює вимоги завадостійкості, дає посилання на інші нормативні документи, а також стандартизує робочі умови, критерії ефективності та інтерпретацію результатів. CISPR 14-2: 2015 містить список категорій продуктів з конкретними вимогами до кожної категорії.

Цей стандарт включає в себе значні технічні зміни в порівнянні з попереднім виданням, а також детально викладає вимоги і параметри для кожного виду випробувань, критерії завадостійкості для різних категорій пристроїв, умови випробувань та оцінки відповідності.

Варто сказати, що електромагнітна сумісність використовується повсюди, а не тільки в ЗТС. Прикладом може слугувати залізничні станції в яких проводиться тестування з періодичністю 2 рази на рік.

Виконання вимог електромагнітної сумісності суміжних слабкострумних пристроїв з устаткуванням тягового електропостачання тісно пов'язане з багатьма галузями електротехніки [3]. Таким чином, наприклад, з безпечною й надійною роботою залізничного транспорту. Для забезпечення безпеки також необхідне своєчасне і якісне технічне обслуговування об'єктів, що може бути досягнуто лише завдяки застосуванню мікроелектронних і комп'ютерних систем.

Також проблема ЕМС грає важливу роль в електропостачанні. Проблема електромагнітної сумісності (ЕМС) в даний час відноситься до

числа найважливіших в електроенергетиці як в теоретичному, так і в прикладному плані [4]. Значимість цієї проблеми настільки ж велика, як і відомі проблеми екології, енергетичної безпеки та енергоресурсозбереження. Її економічний характер свідчить про величезні збитки, які виникають у результаті недотримання вимог ЕМС. Так, щорічний економічний збиток, обумовлений незадовільним рівнем ЕМС в промисловості і в побуті, становить (за різними оцінками) від 100 до 500 млрд. євро.

Електромагнітна сумісність технічних засобів розглядає пристрої та процеси, що описуються в традиційних електротехнічних курсах, з точки зору генерування електромагнітних завад, їх впливу на електроустаткування, ступінь автоматизації і корекції негативного впливу. Електромагнітна сумісність є глобальною проблемою, в межах якої розглядається ряд окремих проблем. Важливе місце посідає екологічні проблеми - сумісність електроенергетики і ноосфери. Ця проблема умовно поділяється на п'ять груп (рис. 1.1) [5]:

- 1) електромагнітна сумісність електроенергетики з навколишнім середовищем (ЕКО-ЕМС);
- 2) з біосферою (БІО-ЕМС);
- 3) з протяжними металевими спорудами техносфери (ТЕХНО-ЕМС);
- 4) з інформаційної, комп'ютерної та радіотехнічної електросферою (електронно-ЕМС);
- 5) внутрішня (ІНТЕР-ЕМС) - між підсистемами електроенергетики.

В умовах експлуатації різних систем (наприклад, підстанцій) і підсистем (наприклад, трансформаторів) зазначені проблеми можуть переплітатися і частково дублювати один одного.

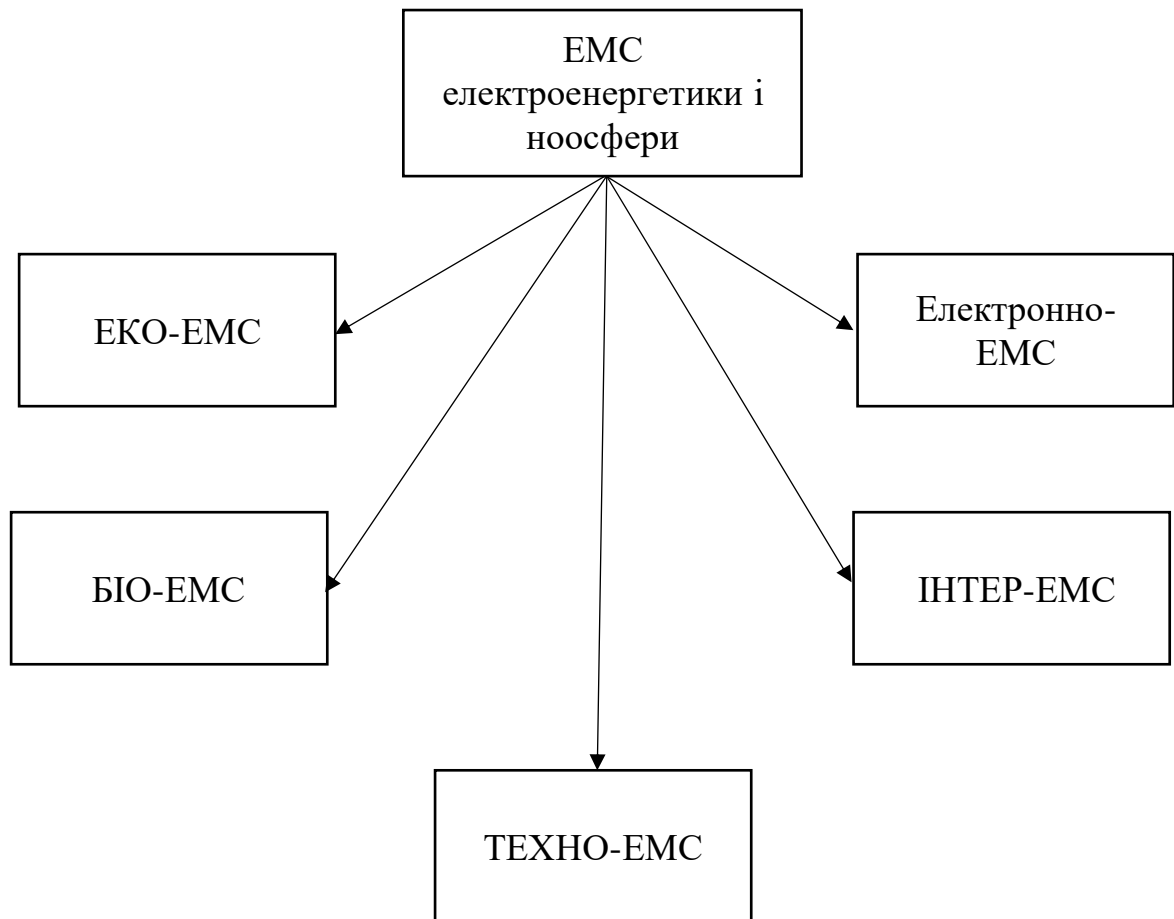


Рисунок 1.1 - Основні групи ЕМС електроенергетики

Проблеми ЕКО-ЕМС стосуються питань атмосферного електрики, електрохімічної корозії, електромагнітних бур і наслідків відчуження великих ділянок землі під підстанції та високовольтними лініями.

Проблеми БІО-ЕМС з'являються в зв'язку з виникненням небезпечної напруги дотику і кроку, а також заважають впливів.

Небезпечні впливу на промисловій частоті і високих частотах належать до сфери питань ТЕХНО-ЕМС.

Електронно-ЕМС також містить проблеми у вигляді заважають впливів (перенапруження, викиди напруги і ін.).

ІНТЕР-ЕМС - досліджує питання порушення ЕМС між різними підсистемами електроенергетики.

Постійне зростання насиченості виробничих, навчальних, житлових приміщень електричними та електронними технічними засобами потребує

постійного удосконалення організаційно-технічних і санітарно-гігієнічних заходів з підвищення рівня електромагнітної безпеки та надійності функціонування технічних засобів. Останнє значною мірою визначається електромагнітною сумісністю обладнання, тобто ступенем взаємного впливу приладів через генеровані ними електромагнітні поля та випромінювання. Не випадково це питання є предметом розгляду спеціальної загальноєвропейської директиви. На її виконання було розроблено і введено у дію низку міжнародних нормативів, останній з яких стосується допустимих рівнів наводок у низькочастотних провідниках при використанні громадських низьковольтних систем електропостачання, що свідчить про зростання сприйняття мереж електроживлення як одного з чинників негативного впливу на людину [6]. Тому переважна більшість загальноєвропейських нормативів з електромагнітної сумісності підкріплені відповідними вимогами з безпеки населення і працюючих (Директиви ЄС 89/391/EFC, 2013/15/EEC, комплекс стандартів MPR II тощо). В той же час у багатьох країнах, зокрема, в Україні ці галузі розвиваються практично незалежно, що викликає значні труднощі у практичній діяльності з монтажу та експлуатації електричного обладнання. Така неузгодженість обговорюється та опрацьовується як фахівцями-електротехніками, так і спеціалістами з електромагнітної безпеки.

Аналіз проведених досліджень довів, що забезпечення електромагнітної сумісності та електромагнітної безпеки є двоєдиною задачею. Неузгодженість національних нормативів з електромагнітної сумісності та електромагнітної безпеки, пряме використання міжнародних стандартів (еквівалентних) значною мірою заважає впровадженню сучасних технологій в усі галузі господарства та підвищенню рівнів безпеки праці і життєдіяльності.

1.2. Аналіз розвитку звукотехнічних систем сьогодення

Сьогодні звукотехнічні системи (ЗТС) використовуються в багатьох сферах діяльності. Вони існують в таких системах як:

- сповіщення;
- системах озвучування великих площ;
- застосовуються як в виробничих процесах так і в сфері дозвілля.

Основна задача ЗТС – відтворення, тому її якість є однією з головних ознак. В свою чергу якість звуковідтворення прямо пов'язана з областю застосування, обмежуючи частотний і динамічний діапазон в процесі обробки виключно мови і розширюючи до можливих меж витонченого слуху професійних музикантів. При цьому діапазон перетворюваних потужностей змінюється від сотень кіловатт (використовується у великих кіноконцертних комплексів) до одиниць міліватт (наприклад у телефонному динаміку) і часток мікроватт (для запису на твердотільний носій). Зазвичай в аналогових ЗТС, у разі застосування апаратури класу високої чіткості звучання (High Fidelity - HiFi), варіаційно-гармонійне струмоспоживання знаходиться в діапазоні від 20 Гц до 20 кГц. Основну увагу, при вивченні аналізу структур і особливостей роботи таких систем, приділено питанням забезпечення якості та достовірності звуковідтворення, що опосередковано пов'язано з оцінкою завад, шумів і наведень у процесі перетворення звукового сигналу.

Типову узагальнену структуру аналогової ЗТС наведено на рис.1.2 [7].

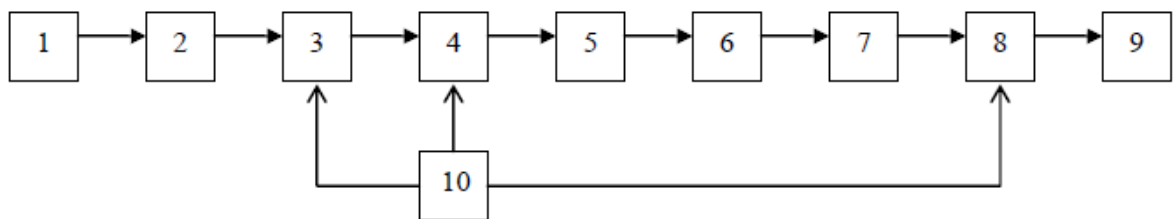


Рисунок 1.2 – Узагальнена структура аналогової ЗТС

Узагальнена структура аналогової ЗТС містить:

- 1 джерело сигналу;
- 2 первинний перетворювач (наприклад, мікрофон) ;
- 3 попередній підсилювач;
- 4 канальний підсилювач;
- 5 вторинний перетворювач (наприклад, магнітна головка запису або випромінювальна антена) ;
- 6 канал передачі або носій;
- 7 проміжний перетворювач (наприклад, звукознімач або приймальна антена) ;
- 8 звуковий підсилювач потужності;
- 9 вихідний перетворювач (наприклад, гучномовець або акустична колонка).

При цьому система електроживлення активних елементів схеми 10 може бути як локальною, так і централізованою.

Основою сучасної системи електроживлення складають НПП, які працюють в ключовому режимі. Дана структура спрощена і не відображає наявність механізмів транспортування носія фонограми. Залежно від кількості каналів структуру можна масштабувати, наприклад, удвічі, в разі стереофонічного звуковідтворення.

Починаючи з 70-х років минулого століття починається перехід від аналогових ЗТС до цифрових. Це стало можливим через бурхливий розвиток мікропроцесорної техніки і великих досягнень у сфері цифрової обробки сигналів. З цього виходить, що структура ЗТС істотно ускладнилася внаслідок необхідності додаткових перетворень сигналу (АЦП и ЦАП) і застосування спеціалізованого обчислювача - аудіопроцесора. Ці елементи структурної схеми можуть відрізнятися як за параметрами (частота дискретизації, розрядність, продуктивність), так і по локалізації.

Узагальнену функціональну схему цифрового тракту запису і відтворення багатоканального звуку наведено на рис.1.3.

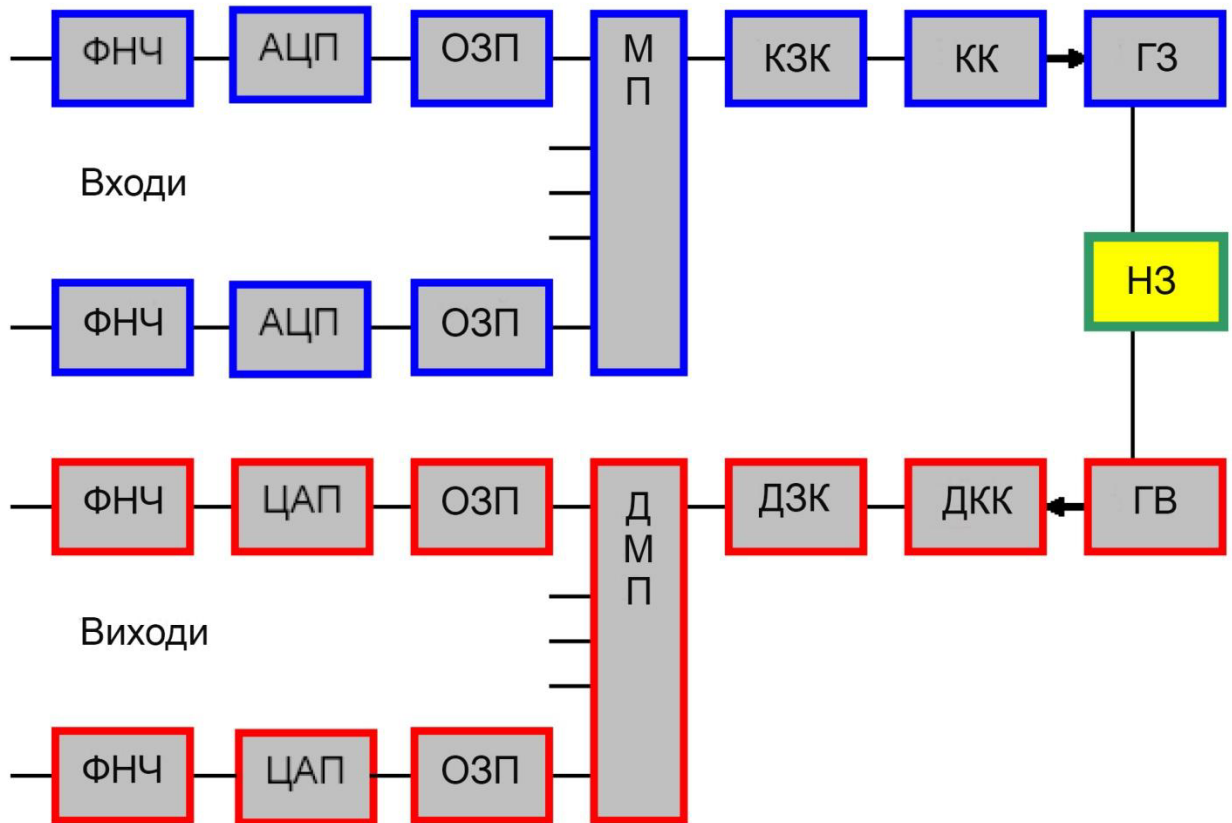


Рисунок 1.3 – Узагальнена функціональна схема цифрового тракту запису і відтворення багатоканального звуку

Цю схему за рис 1.3 відносять як до магнітної, так і до оптичної апаратури цифрового запису звуку з мультимплексуванням звукових каналів. В цій схемі на виходах АЦП формуються цифрові вибірки з частотою дискретизації f_d , а кількість АЦП дорівнює числу звукових каналів N_k . На входах АЦП антиалайсінгові фільтри нижніх частот (ФНЧ), що застосовуються для підвищення якості оцифровки сигналу. Вони обмежують верхню смугу спектра вхідного сигналу величиною $0,5f_d$ відповідно вимог теореми Котельникова. Обмеження частот сигналу вище половини частоти дискретизації АЦП виключає ефект накладення на сигнал дзеркальних частот перетворення або виключає ефект накладення спектрів. Антиалайсінговий фільтр фактично забезпечує спектральну вірність перетворення АЦП,

виключаючи з сигналу сторонні призвуки - артефакти перетворення (якщо скористатися термінологією звукових додатків). АЧХ (у смузі частот від 0 до f_d) наведена на рис. 1.3.

Амплітуда, дБ

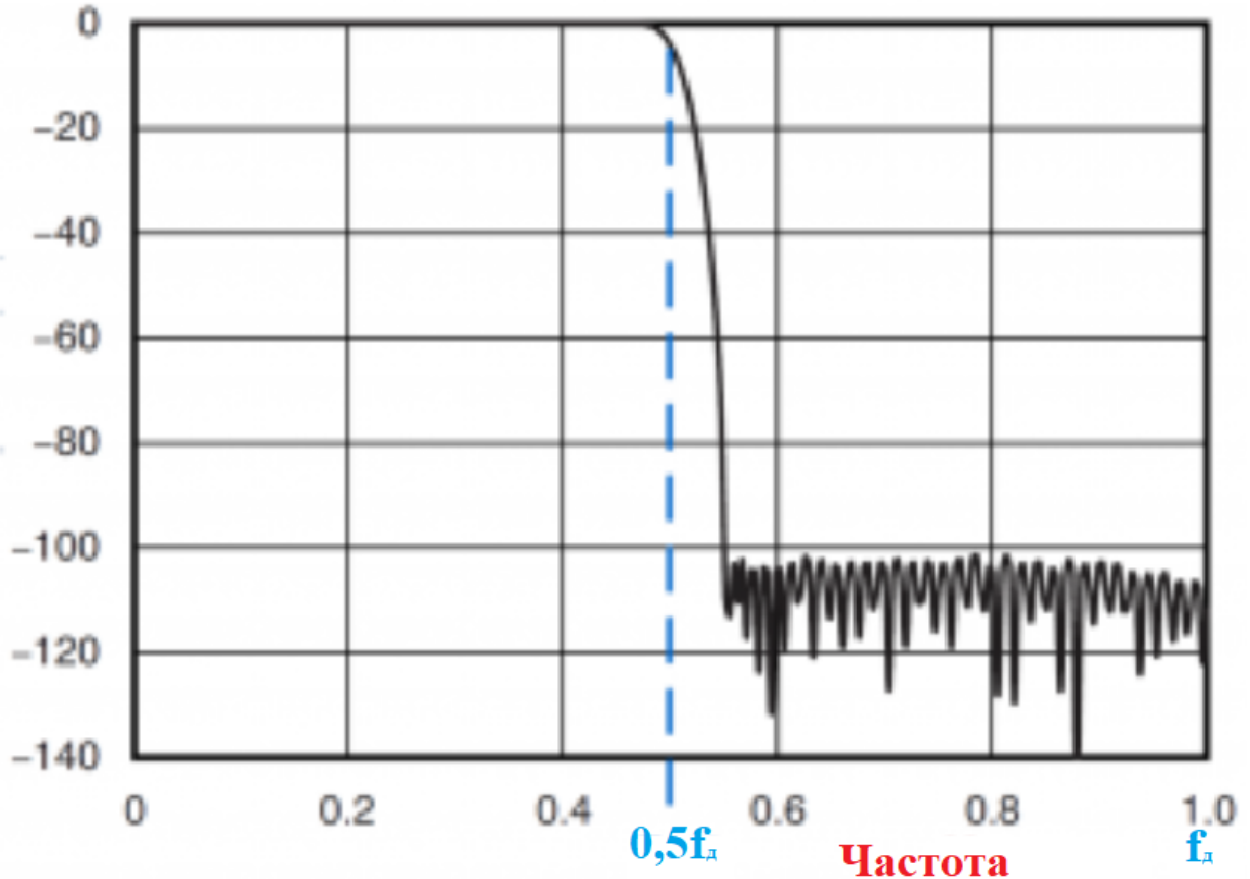


Рисунок 1.4 -Типова АЧХ високоякісного звукового АЦП

За рис 1.3 в ОЗП на входах ЦАП відновлюється вихідна швидкість цифрового потоку.

У мультиплексорі (МП) формується послідовність звукових вибірок з N_k каналів в єдиний цифровий потік для запису його на одну доріжку або передавання послідовним кодом.

У демультимплексорі (ДМ) відбувається відновлення початкової кількості каналів при відтворенні після завадостійкого декодування.

За допомогою кодера завадостійкого кодування (КЗК) реалізовано завадостійке кодування для забезпечення можливості при відтворенні

виявляти і виправляти як довгі випадіння сигналу, так і одиночні помилки або пакети помилок. Для цього при кодуванні проводиться перемеження даних і обчислення перевірочних символів.

При каналному кодуванні (КК) здійснюється перетворення послідовності логічних кодових комбінацій в послідовність імпульсів з дискретною модуляцією їх тривалості. Саме потік цих імпульсів передають каналом передавання або записують на носій запису.

При каналному декодуванні (КД) при відтворенні запису з модульованої послідовності імпульсів відтворюють послідовність логічних кодових комбінацій [7].

У декодері завадостійкого кодування (ДЗК) здійснюють деперемеження цифрових даних, виявлення та виправлення помилок.

Схема, що зображена на рис. 1.3 має узагальнений характер і для конкретних цифрових пристроїв запису-відтворення вона може несуттєво відрізнятися. Це залежить, перш за все, від числа і типу використовуваних магнітних або оптичних головок. Головки можуть виконувати одну з дій:

- 1) Тільки для відтворення;
- 2) Тільки для запису;
- 3) Бути універсальними (Запис і/або відтворення можуть виконуватися окремо або одночасно).

У лазерних рекордерах частіше зустрічають одну універсальну головку. У магнітооптичних і магнітних дискових рекордерах запис відбувається відразу на двох сторонах диска, через це, скоріше за все, використовуються 2 або 4 головки. У стрічкових цифрових магнітофонах з головками, що обертаються, їх кількість може бути також 2 або 4. В магнітофонах системи DASH з фіксованими головками їх кількість досягає 48. Все це впливає на побудову термінальної частини функціональної схеми [7].

Це все істотно впливає на структуру цифрових фонограм. Зрозуміло, що вона зазнала суттєвих змін стосовно структури аналогової фонограми. На

рис. 1.5 наведено фрагмент цифрової фонограми де застосовується самосинхронізований код з перемеженням і внесено надмірність для виявлення і усунення помилок, в якому поряд з випадковими фрагментами, зумовленими характером звукового сигналу, в явному вигляді присутня детермінована складова.

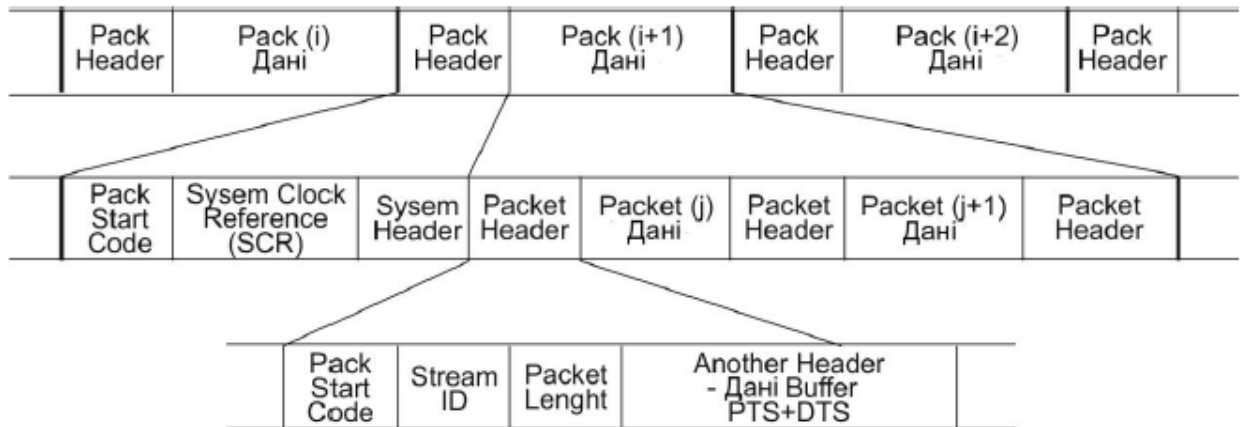


Рисунок 1.5 - Структура звукових даних стандарту MPEG 1

Тому ЗТС, що відтворює формати цифрового звуку з застосуванням самосинхронізовуючих кодів, необхідно аналізувати як генератори завад, в яких максимум енергії локалізовано на частоті синхронізації.

1.3. Вимірювання показників електромагнітної сумісності

Межі допустимих похибок вимірювання показників якості електроенергії наступні:

- 1) відхилення напруги: абсолютна похибка $\pm 0,5\%$;
- 2) розмах зміни напруги: відносна похибка $\pm 8\%$;
- 3) доза флікера (інтенсивність): відносна похибка $\pm 5\%$;
- 4) коефіцієнт несинусоїдальності напруги: відносна похибка $\pm 10\%$;
- 5) коефіцієнт n-ої гармоніки напруги: відносна похибка $\pm 5\%$;
- 6) коефіцієнт зворотної послідовності напруги: абсолютна похибка $\pm 0,3\%$;

7) коефіцієнт нульової послідовності напруги: абсолютна похибка $\pm 0,5\%$.

Вимірювання коливань напруги. вимірювач рівня миготіння ламп, званий флікерметром, може використовуватися при будь-якому законі вимірювання напруги. По суті з його допомогою вимірюється ступінь миготіння світлового потоку ламп розжарювання.

У цьому процесі можна виділити три основні елементи:

- 1) джерело КН;
- 2) очі людини, що є рецептором, тобто елементом сприйняття;
- 3) мозок людини з його нелінійними (в функції частоти) реакціями.

Основними проблемами при розробці вимірювача несинусоїдальності на базі персонального комп'ютера (ПК) або комп'ютера серії Micro-PC є вибір і оцінка оптимальних алгоритмів обчислення несинусоїдальності по миттєвим значенням струму і напруги; розробка оптимальних алгоритмів вимірювання, що забезпечують мінімальну похибка обчислення; розробка високоточної апаратури вимірювання миттєвих значень, що працює згідно із заданими алгоритмам вимірювання, і, нарешті, реалізація алгоритмів вичислення на алгоритмічних мовах високого рівня і створення зручного графічного інтерфейсу користувача.

Пристрій сполучення напруг здійснює гальванічну розв'язку, нормування рівня сигналу, а також відключення вхідних сигналів від вимірювального тракту при відключенні приладу (захист вхідних ланцюгів). Аналогічні функції виконує пристрій сполучення струмів. додатково до складу пристрою входить перетворювач струму в напругу.

Розглянемо спосіб реалізації алгоритму розрахунку K_U як приклад.

1. Розрахунок діючого значення напруги

$$U = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i=0}^{m-1} u^2(t_i)}$$

де m - число вимірювань за період; $u(t_i)$ - виміряне миттєве значення напруги, відповідне моменту часу t_i .

2. Розрахунок квадратурних складових напруги

$$U_x = \frac{2}{m} \sum_{i=0}^{m-1} u(t_i) \cos \omega t_i;$$

$$U_y = \frac{2}{m} \sum_{i=0}^{m-1} u(t_i) \sin \omega t_i.$$

3. Розрахунок діючого значення напруги першої гармоніки

$$U_1 = \sqrt{\frac{U_x^2 + U_y^2}{2}}.$$

4. Розрахунок коефіцієнта спотворення синусоїдальності кривої напруги, %

$$K_U = \frac{\sqrt{U^2 - U_1^2}}{U_1} \cdot 100.$$

1.4 Способи обмеження завад, шумів, наведень в аудіотрактах

Аудіотракт для музики і кіно створюються за різними принципами. Для музики важливі тонкість, чутливість до найменших змін «повітря». У той же час кінофонограмма сповнена потужними динамічними перепадами звукових ефектів, яскравими і чіткими тембрами, що характеризують ту чи іншу сцену. Якщо спростити опис, то музичний запис дозволяє почути і уявити, тоді як саундртек в кіно супроводжує картинку. Так, в обох випадках звук створює певний настрій, але вони принципово різні. Однак, певна частина музики так і не досягне акустичних систем, так як загубиться в шумах від наведення електронної частини і навіки вщухне в самому аудіотракті.

Наявність завад, шумів і наведень в аудіотрактах не тільки погіршують якість звукового контенту, який записують, підсилюють або передають, але може бути причиною погіршення електромагнітної обстановки в цілому як в приміщеннях, де сформовано вказаний тракт, так і в мережах як інформаційних, так і енергетичних. Розглянемо особливості ЗТС, пов'язані з типом носія запису.

Звукові носії, аудіоносії - носії для зберігання звуку з метою подальшого відтворення. Основними носіями звукової інформації в аналоговій формі є:

- грамплатівки;
- магнітна стрічка на катушках;
- чотирьохдорожня касета;
- восьмидорожня касета;
- PlayTape (мініатюрні двухдорожні магнітні стрічки);
- компакт-касета;
- мікрокасета;
- аналогова магнітна стрічка.

Кожен носій запису в процесі запису вносить до записаної інформації власні спотворення, зумовлені особливостями процесу запису-відтворення та фізичного принципу реєстрації. Відновлення або реставрація фонограм, записаних на аналогових носіях, передбачає, в першу чергу, зменшення внесених самим носієм спотворень і завад, а потім поліпшення якісних параметрів записаної інформації до рівня сучасних цифрових носіїв і вимог.

Будь-який носій схильний до сприйняття шкідливих впливів зовнішнього середовища та старіння в процесі використання. Кожен носій має характерні особливості запису і відтворення, характерні шуми і спотворення, термін придатності до відтворення тощо.

Так для грамплатівки характерна поява механічних пошкоджень звукової канавки при багаторазовому відтворенні, які проявляються у вигляді помітних спотворень, а поява поперечних подряпин, запиленості поверхні в процесі неправильного зберігання і утримання пластинки виявляється у вигляді ефекту «сипучого піску», клацання і потріскувань.

Для магнітного запису - наявність шуму стрічки як постійне «шипіння», прояв ефекту саморозмагнічування, копірефекту, механічного руйнування магнітного шару стрічки і механічного пошкодження основи стрічки, що проявляється у вигляді спотворень, випадінь, деренчання звуку.

Для фотографічних фонограм - це вузький діапазон частот, клацання за рахунок подряпин фотоемульсії, специфічний шум паузи у вигляді постійного струму, плавання або «дроблення» звуку через неточності заправки плівки.

Відповідно, при відтворенні сигналу з неякісного носія відбувається виникнення в спектрі струмоспоживання додаткових, в тому числі і негармонійних складників, що є причиною появи завад в захищеному діапазоні.

Наявність шляхів неконтрольованої витoku це одна з найважливіших особливостей процесів поширення завад в ЗТС. Вони пов'язані з несиметричним шляхом. Це означає що завади проходять через паразитну ємність щодо «землі». Проблема обмеження завад несиметричним шляхом ускладнюється також в умовах неможливості надійного уземлення корпусу ЗТС, що, зазвичай, є типовою ознакою побутових ЗТС.

Застосування засобів забезпечення електромагнітної сумісності за кондуктивними шляхами, зокрема, протизавадних фільтрів, на жаль, не дозволяє ефективно обмежувати завади. Це пов'язано з наявністю цього неконтрольованого шляху поширення завад від НПП ЗТС. Кондуктивні завади поширюються як симетричним шляхом проводами мережі електроживлення, так і несиметричним, по одному з проводів і землею, причому рівень завади істотно залежить від ефективності уземлення ЗТС, і зв'язку джерела завади з контуром уземлення. На рис.1.6 показана схемна модель шляхів поширення кондуктивних завад при наявності еквівалента мережі (ЕМ) та ланки протизавадного фільтра (ПЗФ), підключеного до джерела вторинного електроживлення (ДВЕЖ) ЗТС.

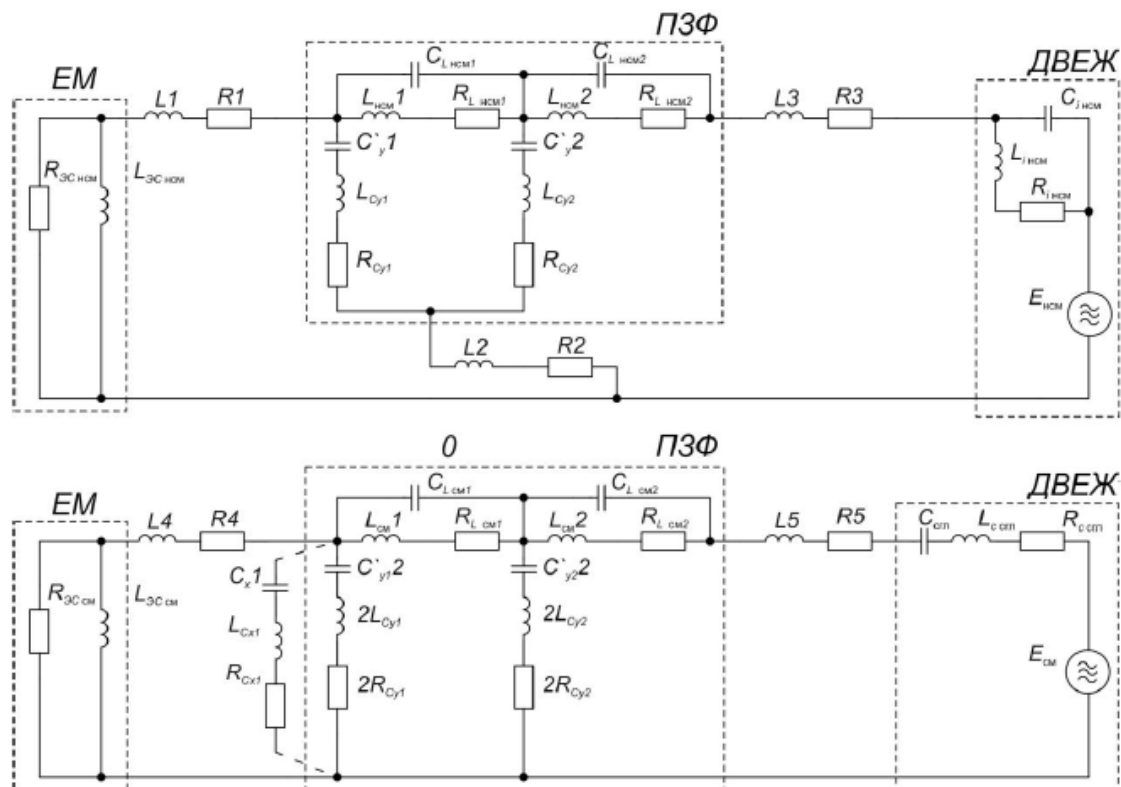


Рисунок 1.6 - Схемна модель шляхів поширення кондуктивних завад (а - несиметричного, б - симетричного) за наявності еквівалента мережі і ланки ПЗФ.

Через це, наявність неконтрольованих шляхів поширення несиметричних завад істотно ускладнює процедуру їх обмеження. Завдяки струмам завад, через паразитні ємності в колі «джерело завади-уземлення» можуть «обійти» елементи фільтрації, призначені для поглинання завад такого типу.

На противагу є інший фактор, що визначає підвищений рівень завад від ЗТС. Це рівні гармоніки струмів сигналів звукового контенту, що пропорційні потужності цих систем.

На рис.1.7 наведено схемну модель структури ЗТС кіноконцертного комплексу. В ній зазначені потужності перетворюваних сигналів, які пов'язані з фізичною природою носія фонограми, в звуковій смузі частот, зазначені основні джерела і рецептори завад. Специфічні джерела завад ЗТС при відтворенні фотографічних фонограм згруповано по підсистемах.



Рисунок 1.7 - Основні генератори (джерела) заводських сучасних ЗТС

Причиною виникнення заводських у кожній з підсистем ЗТС є:

- 1) Процеси перемикання напівпровідникових елементів в НПП (підсилювачах, випрямлячах і перетворювачах);
- 2) Електромеханічні вузли транспортування носія запису і перетворювачів електричного сигналу в звуковий тиск.

На рис. 1.8 в залежності від контенту наведені спектральні характеристики типових звукових фрагментів.

Чорний колір означає криву стандарту.

Кольори червоний, помаранчевий, жовтий, зелений, блакитний і фіолетовий – відповідно усереднені обвідні музики в стилях рок, диско, джаз, легка музика 60-х, сучасне діджейська, класична, народна відповідно.

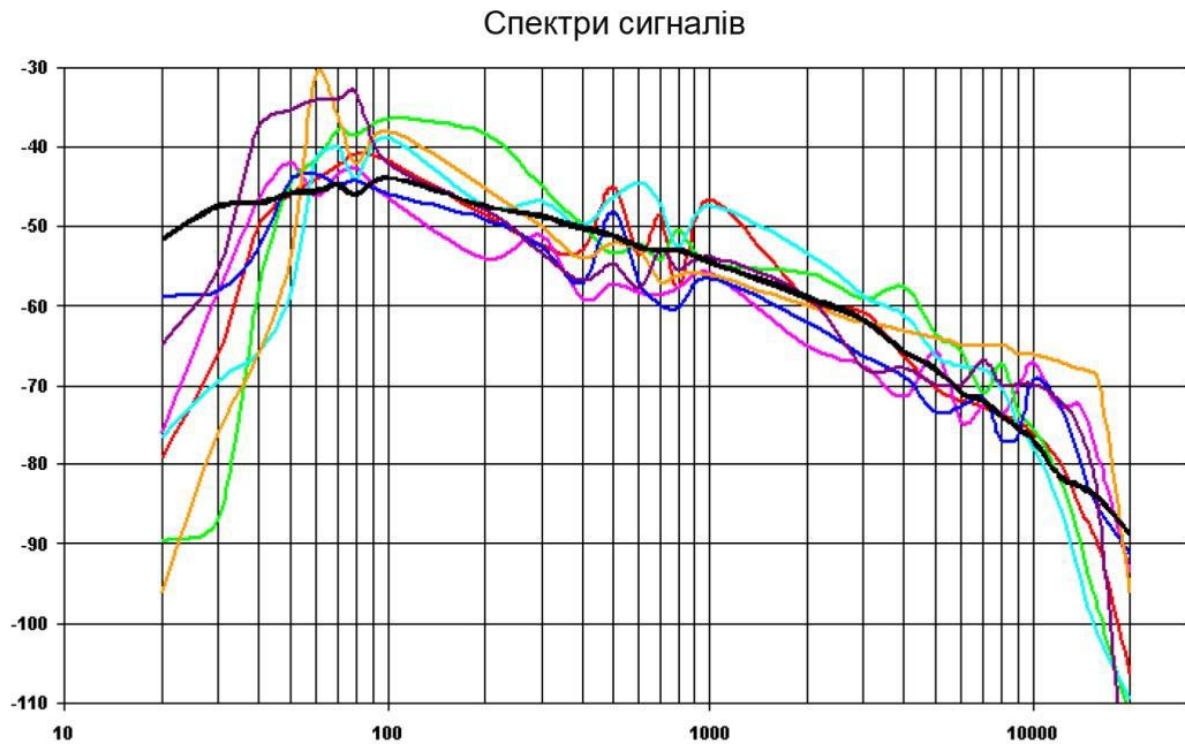


Рисунок 1.8 - Типові області концентрації енергії звукового сигналу в залежності від контенту

При аналізі наведених кривих можна стверджувати, що в залежності від звукового контенту в смузі частот, яку сприймає слуховий апарат людини, (в межах стандартного для сучасних носіїв цифрового звукозапису діапазону від 20 Гц до 20 кГц, яка потрапляє в захищаний діапазон) виникають завади на неканонічних частотах (таких, які не кратні частоті мережі або частотам перетворення ДВЕЖ).

Висновки до першого розділу

Аналіз проведених досліджень довів, що забезпечення електромагнітної сумісності та електромагнітної безпеки є двоєдиною задачею. Значною мірою заважає впровадженню сучасних технологій в усі галузі господарства та підвищенню рівнів безпеки праці і життєдіяльності неузгодженість національних нормативів з електромагнітної сумісності та

електромагнітної безпеки або пряме не використання міжнародних стандартів (еквівалентних).

Однією з найважливіших особливостей процесів поширення завад ЗТС є наявність шляхів неконтрольованої витoku, пов'язаних з несиметричним шляхом. Це означає що завади проходять через паразитну ємність щодо «землі». Проблема обмеження завад несиметричним шляхом ускладнюється також в умовах неможливості надійного уземлення корпусу ЗТС, що, зазвичай, є типовою ознакою побутових ЗТС.

Застосування протизавадних фільтрів, що забезпечують електромагнітну сумісність за кондуктивними шляхами є принциповим рішенням. Однак не існує ідеального протизавадного фільтру, який підходив би в будь-якому випадку. Тому необхідно розібратися в типах протизавадних фільтрів та те, в яких випадках вони використовуються.

Також, обов'язково, потрібно вирішити проблему з коригуванням ПЗФ. Це може бути як використання сучасних технологій як Wi-fi так і Bluetooth.

2. ПРОТИЗАВАДНІ ФІЛЬТРИ ЯК СПОСІБ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ЕМС

2.1. Аналіз протизавадних фільтрів

Протизавадні фільтри призначені для зменшення рівня завад, створених джерелом вторинного електроживлення (ДВЕЖ), що проникають в ланцюг джерела первинного електроживлення. ПЗФ встановлюють в ланцюзі між джерелом первинного електроживлення і самим ДВЕЖ. На рис. 2.1 зображено умовну схему підключення ПЗФ в систему.



Рисунок 2.1 - Умовне підключення протизавадного фільтра в систему

Підходів до класифікації ЕМС існує чимало: за джерелом їх виникнення, середовищі поширення, характеру впливу на технічні засоби.

Виходячи з середовища поширення електромагнітні завади поділяються на:

- 1) Індуктивні. До них відносяться завади, які поширюються в вигляді електромагнітних полів в непровідних середовищах;
- 2) Кондуктивні. До даного виду відносяться електромагнітні завади, що поширюються по провідним конструкціям і землі.

Варто доповнити що названа класифікація умовна, тому що в реальних умовах електромагнітний процес, що протікає, є єдиним. Він зачіпає як провідне, так і непровідне середовище, отже під час поширення багатьох завад можливо їх перетворення з індуктивних в кондуктивні і навпаки. Відносно суворим такий поділ можна вважати тільки в низькочастотній області (до десятків кГц), де зв'язки (ємнісні і індуктивні) найчастіше незначні.

Кондуктивні завади в колах з більш ніж одним провідником, в свою чергу, поділяються на:

- Завади «провід-уземлення». називаються також несиметричними, синфазними, загального вигляду. Напряга завади при цьому, як видно з назви, прикладено між кожним із провідників ланцюга і землею. Обумовлені такі завади різницею потенціалів в ланцюгах заземлення пристроїв. Можуть виникнути від струмів в землі (аварійні або струми блискавки) або магнітних полів. При синфазних завадах не виникають заважаючі напруги на приймачі, проте вони впливають на ізоляцію проводів відносно землі, а отже, можуть привести до пробую ізоляції;

- Завади «провід - провід». Такі завади називають ще симетричними, протифазними, диференційного виду. В даному випадку напруга завад прикладена між різними провідниками одного кола. Виникнення таких завади відбувається через гальванічні зв'язку, шляхом передачі електромагнітним полем, або через перетворення завади «провід-уземлення» в заваду «провід – провід».

Якщо говорити про те, які ж з вищеназваних кондуктивних завад найбільш небезпечні, то зазвичай це завади «провід – провід», через те, що вони прикладені так само, як і корисний сигнал. Реальні кондуктивні завади зазвичай представлені комбінацією завад «провід – уземлення» і «провід – провід». Крім того, через несиметричності зовнішніх кіл передачі сигналів і вхідних кіл апаратури можливо перетворення одного виду кондуктивних завад в інший. На рис. 2.2 зображені структурні схеми, що пояснюють поширення кондуктивних завад по симетричному і несиметричному шляхах.

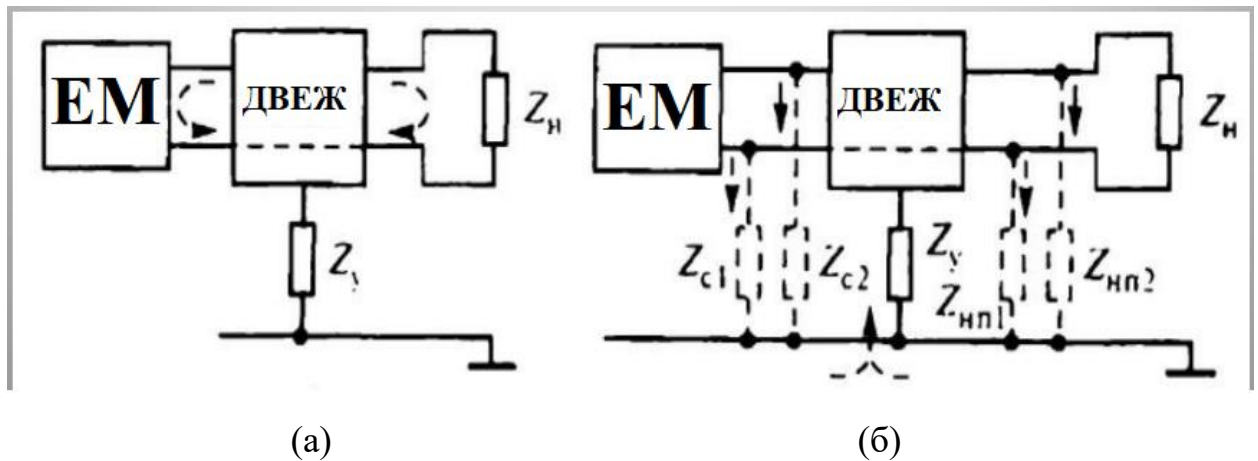


Рисунок 2.2 - Зображені структурні схеми, що пояснюють поширення кондуктивних завад по симетричному (а) і несиметричному (б) шляхах.

Z_{c1}, Z_{c2} - опору навантажень з боку живильного ланцюга.

$Z_{нп1}, Z_{нп2}$ - є опір навантаження з боку підключення навантаження Z_n .

Z_y - опір витоку корпусу ДВЕЖ на шину заземлення.

Ефективність ПЗФ, зазвичай, оцінюють внесеним загасанням для сигналу завад. Його прийнято висловлювати в децибелах:

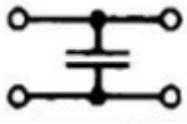

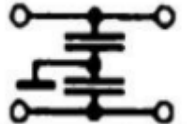
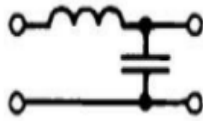
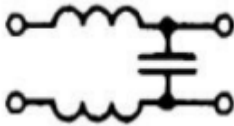
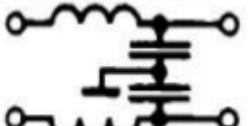
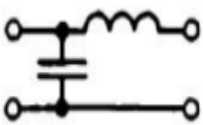
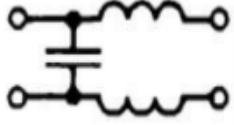

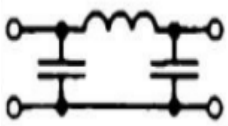


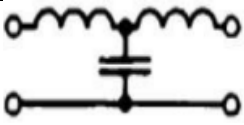


$$A = 20 \lg \left| \frac{U_1}{U_2} \right|,$$

де U_1 - напруга завад при відсутності фільтра;

U_2 - напруга завад при наявності фільтра.

Зрозуміло, що при різних ситуаціях необхідно використовувати ті чи інші схеми фільтрів. Не існує ідеального фільтра, який зміг би обмежити всі види завад. На табл. 2.1 зображено типові схеми ПЗФ, що застосовуються при різних відношеннях опору джерела завад і навантаження. Завдяки цій таблиці стає зрозуміле використання схем при використанні різних задач [40].

Таблиця 2.1 Типові схеми ПЗФ

Тип фільтру	Опір		Схеми фільтрів		
	джерела	нагрузки	Несиметричні завади	Симетричні завади	Симетричні і несиметричні завади
Ємнісний	Висока	Висока			
Г-подібний з індуктивним входом	Низька	Висока			
Г-подібний з ємнісним входом	Висока	Низька			
П-подібний	Висока	Висока			
Т-подібний	Низька	Низька			

Для початку потрібно зрозуміти принципову схему протизавадного фільтру (рис. 2.3.) [40]. Він виконаний виходячи з припущень, що існують шляхи як симетричного так і несиметричного поширення завад.

С3 - конденсатор, призначений для ослаблення несиметричних завад (береться невеликий, так, щоб реактивна потужність, споживана від мережі живлення, була б мала);

С4 - конденсатор, який має 4 виведення (типу К73-21). Він розроблений і випускається спеціально для використання в протизавадних фільтрах;

С5, С6 - дані конденсатори введені для обмеження Існують спеціальні норми допустимих рівнів індустриальних симетричних і несиметричних завад.

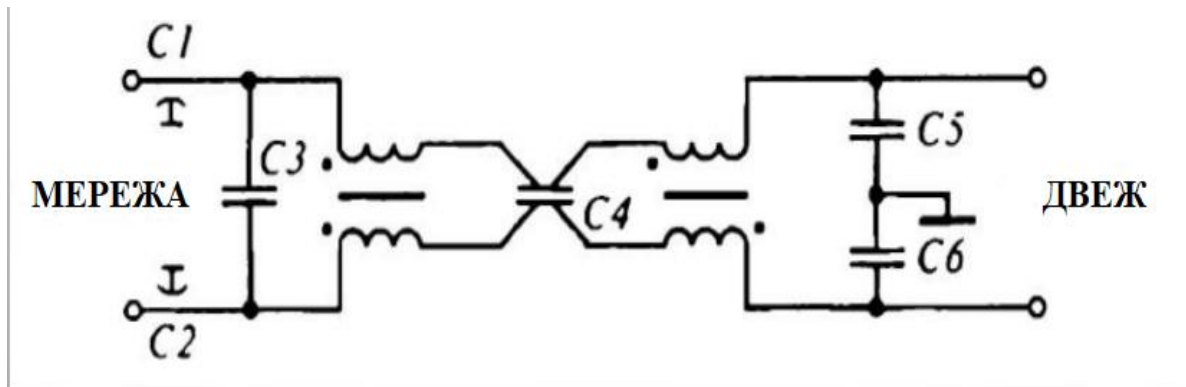


Рисунок 2.3 - Принципова схема протизавадного фільтру

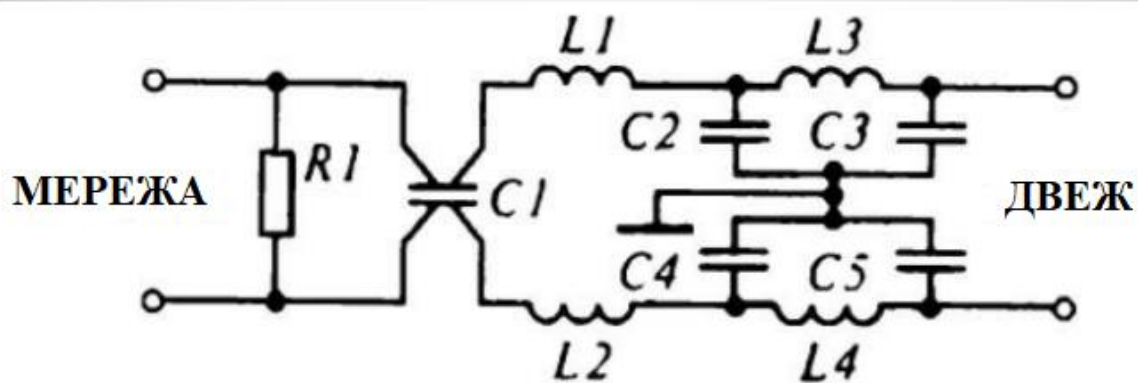
Обмотки двохобмотувального дроселя (трансформатора) включають відповідно в випадках, коли хочуть обмежити несиметричні завади, і зустрічно - для обмеження симетричних завад. Оскільки в схемі два дроселя з відповідним і зустрічним включенням обмоток, то здійснюється обмеження і тих і інших завад.

За допомогою ПЗФ зменшують кондуктивні завади. Електричні, магнітні і електромагнітні завади зменшуються за рахунок раціонального конструювання ДВЕЖ і електростатичного і магнітного екранування. Існують спеціальні норми допустимих рівнів індустриальних завад, які зобов'язані виконувати всі розробники електронної апаратури.

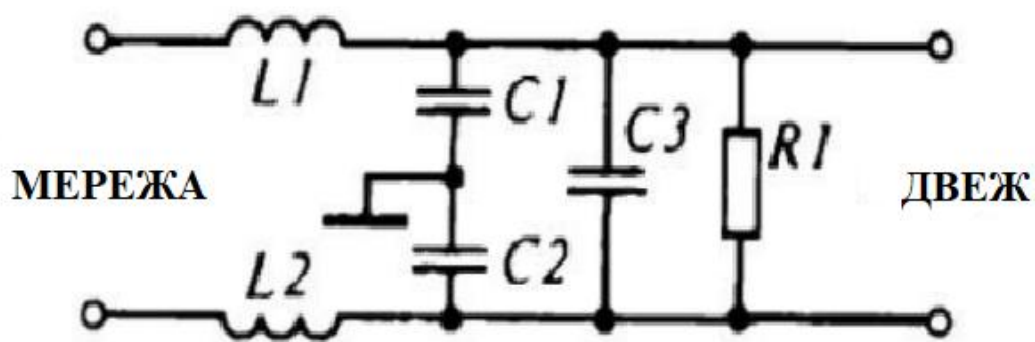
Протизавадні фільтри мають пропускати струми низької промислової частоти і не пропускати високочастотні струми електромагнітних завад. Тому їх можна реалізувати на основі будь-яких відомих схем фільтрів низьких частот. Для більшості фільтрів необхідно отримати достатньо різкий перехід від смуги, в якій є хороше пропускання електричного струму, до смуги, в якій для нього буде мати великий електричний опір. Затухання фільтру слід оцінювати на самій низькій частоті захищасмого діапазону частот.

Комбінуючи типові схеми ПЗФ з табл. 2.1. можна отримати багатозіркові фільтри, які дозволять забезпечити необхідний рівень загасань завад [40].

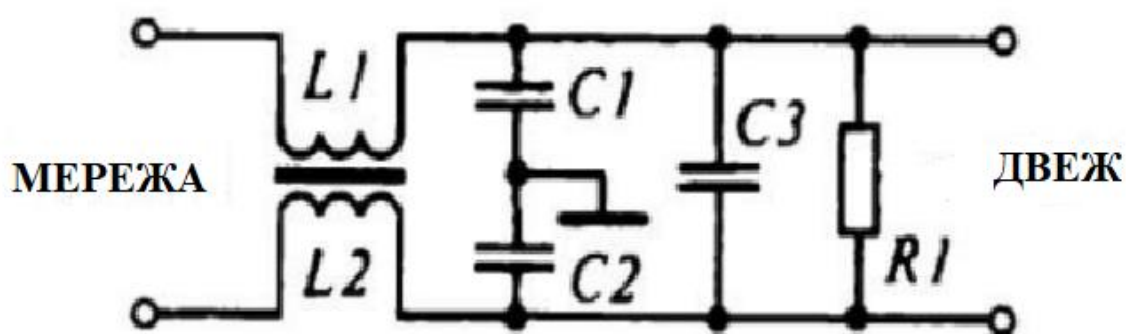
Типові різновиди ПЗФ наведені на рис. 2.4.



а)



б)



в)

Рисунок 2.4 - Типові різновиди ПЗФ:

а – для випадку, коли внутрішній опір ДВЕЖ незначний, а навантаження фільтра має ємнісний характер; б, в – для випадків, коли внутрішній опір ДВЕЖ великий і має індуктивний характер

Таким чином фільтр з рис. 2.4, *а* доцільно застосовувати в випадках, коли внутрішній опір джерела завад (ДВЕЖ) незначний, а навантаження фільтру має ємнісний характер. Для сигналу завад вхідний опір фільтра матиме індуктивну складову.

При великому внутрішньому опорі джерела завад і індуктивному характері навантаження доцільно використовувати фільтри рис. 2.4, *б, в*. В них вхідний опір для сигналу завад має ємнісний характер. Фільтри цього типу, зазвичай, використовують в ДВЕЖ, що мають трансформаторний вхід.

Варто знати, що параметри дроселей, котушок індуктивності та ємностей слід вибирати, виходячи зі смуги обмеження завад, яка необхідна. При цьому падіння напруги мережі на фільтрі не повинне перевищувати 2% від номінальної напруги первинної мережі.

2.2 Структури мережних протизавадних фільтрів в звукотехнічних системах

На сьогодні одним з основних технічних засобом забезпечення ЕМС у кондуктивних колах є протизавадний фільтр. Особливості процесів обмеження завад пов'язані як з схемними і конструктивними рішеннями як власне ПЗФ так і конкретних напівпровідникових перетворювачів (НПП) звукотехнічних систем, а також з особливостями інформаційного сигналу, тобто фонограми.

Якщо в області генерування електроенергії величезна перевага поки на стороні змінного струму, то по відношенню до її споживання картина дещо інша: установки постійного струму споживають зараз близько 20-25% всієї електроенергії.

До основних електроприймачів постійного струму відносять електрохімічні пристрої (наприклад, пристрої для виплавки алюмінію, рафінування міді, виділення хлору і водню, зарядки акумуляторів, створення

покриттів електрохімічним шляхом і т. д.), а також двигуни постійного струму в промисловості і на транспорті.

У Західній Європі на залізничному транспорті, крім постійного струму і струму промислової частоти, використовуються струми з частотою 162/3 і 25 гц. За останній час все більш широке застосування отримує змінний струм частотою 400 - 1000 гц на різних транспортних засобах. Це обумовлено тим, що підвищення частоти дозволяє набагато знизити вагу електромагнітних пристроїв таких як генератори, трансформатори, дроселі, двигуни і т. д.

Всі вищезазначені фактори бумовлюють необхідність в різного роду перетворювачах. З їхньою допомогою змінний струм можна перетворити в постійний і навпаки, а також змінити частоту струму.

Короткий розгляд історії розвитку перетворювачів струму і частоти дозволить більш повно оцінити місце нових напівпровідникових перетворювачів серед відомих раніше перетворювачів інших видів. На початку розвитку електротехніки в якості перетворювачів струму і частоти використовувалися переважно двигуни-генератори, в яких необхідний рід струму виходив за допомогою генератора, що переводився в обертання двигуном на наявному струмі. Проте навіть така проста схема має суттєві недоліки:

1) двигуни-генератори важкі й громіздкі, так як припускають необхідність двох електричних машин, розрахованих кожна на повну потужність перетворювача;

2) ККД подібних двигунів-генераторів низький, та й сам принцип дії - перетворення електричної енергії в механічну з наступним зворотнім перетворенням в електричну - не можна вважати раціональним.

Великим кроком вперед у розвитку перетворювачів стало створення іонних вентилів (тиратронів, ексітронов, ігнітрони і т. д.). Завдяки цим приладам вперше з'явилася можливість створювати статичні перетворювачі струму і частоти, що працюють без посередництва механічної енергії. Однак іонні прилади також не позбавлені недоліків. Однак, варто зазначити, що вага

їх менше ваги двигунів-генераторів, але за розмірами вони все ж можна порівняти. Крім того, для іонних приладів необхідний складний пристрій запалювання та охолодження, а втрати енергії в електричній дузі значно знижують їх ККД.

Переломним моментом у розвитку силових перетворювачів стало створення монокристалічних напівпровідникових випрямних елементів (германієвих і кремнієвих). Технологія виготовлення напівпровідникових приладів удосконалювалася дуже швидко, і це привело до створення випрямних елементів, що перевершують потужністю в сотні разів прилади, які були до цього. Номінальні струми і напруги, допустимі для цих напівпровідникових елементів, досягли сотень ампер і вольт.

У всьому світі сумарна встановлена потужність напівпровідникових випрямлячів безперервно зростає. Проте, звичайні напівпровідникові випрямні елементи не позбавлені головного свого недоліку - вони некеровані. Тому в пристроях, де необхідно поєднувати функції перетворення струму з регулюванням, доводиться встановлювати додаткові регульовальні апарати, без яких не обійтися. Для регулювання невеликих напівпровідникових перетворювачів (потужністю до 10-15 Вт) часто використовують безконтактні магнітні елементи (дроселі насичення, магнітні підсилювачі тощо), А в агрегатах великої і середньої потужності - електромеханічні комутаційні апарати (різного роду перемикачі, контактори, контролери, комутатори тощо).

Можна стверджувати, що найбільшим досягненням у розвитку перетворювальної техніки стало створення вже керованих напівпровідникових вентилів - тиристорів. Поява цього елемента дасть певний стрибок у розвитку всієї перетворювальної техніки, так як вперше в історії електротехніки з'явиться можливість створювати електричні перетворювачі струму і регулятори, що не містять громіздких електромеханічних пристроїв, важких елементів електромагнітного регулювання і володіють при цьому високим ККД.

Тиристор можна представити у вигляді некерованого діода з послідовно включеним вимикачем, який дає можливість включати струм в потрібний момент (рис. 2.5.). Проходження струму через тиристор припиняється, коли величина струму досягає нуля, тобто, для змінного струму - в кінці напівперіоду [14].



Рисунок 2.5 - Позначення несиметричного незапираемого тріодного тиристора (триністора) з керуванням за анодом

В даний час тиристори все ширше застосовуються не тільки в різних випрямлячах, інверторах і перетворювачах частоти, але часто і для безпосереднього регулювання ефективного значення змінного і постійного струму, тобто використовують як трансформатори змінного і постійного струму. При цьому особливо важлива і економічно вигідна можливість імпульсного регулювання постійного струму; до сих пір це здійснювалося майже виключно за допомогою реостатів, в результаті чого частина електроенергії губилася, перетворюючись в непотрібне або навіть шкідливе тепло. Подібні напівпровідникові перетворювачі постійного струму особливо необхідні в різного роду нестаціонарних і транспортних пристроях, де єдиним джерелом енергії є акумуляторні батареї.

В потужних перетворювальних пристроях застосовують інвертори на тиристорах для перетворення напруги. Вони мають 2 сталих стани – ввімкнені і вимкнені. Особливістю є перемикатися з одного стану в інший по сигналу з зовні.

Перевагами таких перетворювачів є те, що тиристори випускають на напруги до декількох кВ, та струми до сотень А, при малому падінні напруги, а тому ці перетворювачі забезпечують великі потужності з високим ККД.

Тиристорні інвертори в яких комунікація здійснюється спеціальними пристроями та в навантаження яких немає інших джерел енергії називаються автономними.

Частота комутації автономного інвертора визначається частотою роботи системи керування пристроями.

Перетворювачі частоти на тиристорах в даний час є більш приорітетним рішенням у високовольтному приводі в діапазоні потужностей від сотень кіловатів і до десятків мегават з вихідною напругою 3 - 10 кВ і вище. Проте, їх ціна на один кВт вихідної потужності найбільша в класі високовольтних перетворювачів.

До недавнього минулого перетворювачі частоти на GTO становили основну частку й у низьковольтному частотно регульованому приводі. Але з появою IGBT транзисторів відбувся "природний добір" і сьогодні перетворювачі на їх базі загально визнані лідери в області низьковольтного частотно регульованого приводу.

Тиристор є напівкерованим приладом: для його включення досить подати короткий імпульс на керуючий вивід, але для вимикання необхідно або прикласти до нього зворотну напругу, або знизити комутований струм до нуля. Для цього в тиристорних перетворювачів частоти потрібна складна і громіздка система управління.

Біполярні транзистори з ізолюваним затвором IGBT відрізняють від тиристорів повна керованість, проста неенергоємна система управління, найвища робоча частота.

Внаслідок цього перетворювачі частоти на IGBT дозволяють розширити діапазон управління швидкості обертання двигуна, підвищити швидкодію приводу в цілому.

Для асинхронного електроприводу з векторним керуванням перетворювачі на IGBT дозволяють працювати на низьких швидкостях без датчика зворотного зв'язку.

Застосування IGBT з більш високою частотою перемикання в сукупності з мікропроцесорною системою управління в перетворювачах частоти знижує рівень вищих гармонік, характерних для тиристорних перетворювачів. Як наслідок менші додаткові втрати в обмотках і магнітопроводі електродвигуна, зменшення нагрівання електричної машини, зниження пульсацій моменту й виключення так званого «Крокування» ротора в області малих частот. Знижуються втрати в трансформаторах, конденсаторних батареях, збільшується їх термін служби й ізоляції проводів, зменшуються кількість помилкових спрацьовувань пристроїв захисту й погрішності індукційних вимірювальних приладів.

Перетворювачі на транзисторах IGBT в порівнянні з тиристорними перетворювачами при однаковій вихідній потужності відрізняються меншими габаритами, масою, підвищеною надійністю в силу модульного виконання електронних ключів, кращого тепловідводу з поверхні модуля і меншої кількості конструктивних елементів.

Вони дозволяють реалізувати більш повний захист від кидків струму і від перенапруги, що істотно знижує ймовірність відмов і пошкоджень електроприводу.

Не менш важливе значення має можливість заміни електромеханічних комутаційних апаратів напівпровідниковими. Такого роду заміна особливо важлива в пристроях, що працюють в хімічно активному середовищі, в середовищі з підвищеною або зниженою температурою або тиском, а також в місцях, де електричні телефони можуть бути піддані сильним механічним навантаженням і вібрації. Крім того, умови застосування їх на багатьох транспортних засобах (зокрема, на літальних апаратах) вимагають, щоб електричні перетворювачі і регулятори були по можливості більш

компактними і легкими. Ці вимоги в більшості випадків можна виконати тільки застосуванням напівпровідникових елементів.

На даний момент низьковольтні перетворювачі на IGBT мають більш високу ціну на одиницю вихідної потужності, внаслідок відносної складності виготовлення транзисторних модулів. Однак за співвідношенням ціна / якість, виходячи з перерахованих достоїнств, вони явно виграють у тиристорних перетворювачів, крім того, протягом останніх років спостерігається неухильне зниження цін на IGBT модулі.

Головною перешкодою на шляху їх використання у високовольтному приводі із прямим перетворенням частоти й при потужностях вище 1 - 2 МВт на даний момент є технологічні обмеження. Збільшення комутованої напруги і робочого струму приводить до збільшення розмірів транзисторного модуля, а також вимагає більш ефективного відводу тепла від кремнієвого кристала.

Нові технології виробництва біполярних транзисторів спрямовані на подолання цих обмежень, і перспективність застосування IGBT дуже висока також й у високовольтному приводі. В даний час IGBT транзистори застосовуються у високовольтних перетворювачах у вигляді послідовно з'єднаних декількох одиничних модулів.

Найбільш критичним за критерієм ЕМС є такі НПП як, працюючий в ключовому режимі, звуковий підсилювач потужності (позиція 8 рис. 2.6) та джерело електроживлення, структурні вузли якого працюють в ключовому режимі на високій частоті (позиція 10 рис. 2.6).

Найбільш поширені структури сучасних ДВЕЖ ЗТС з декількома навантаженнями Н (рис. 2.6) окрім згладжувальних фільтрів ЗФ містять декілька НПП, зокрема низькочастотні та високочастотні випрямлячі В, інвертори регульовані РІ (рис. 2.6,а) та нерегульовані НІ (рис. 2.6,б) та стабілізатори напруги СН, що працюють в ключовому режимі, зі зворотним зв'язком ЗЗ. Саме вони є переважними джерелами завад в ДВЕЖ ЗТС.

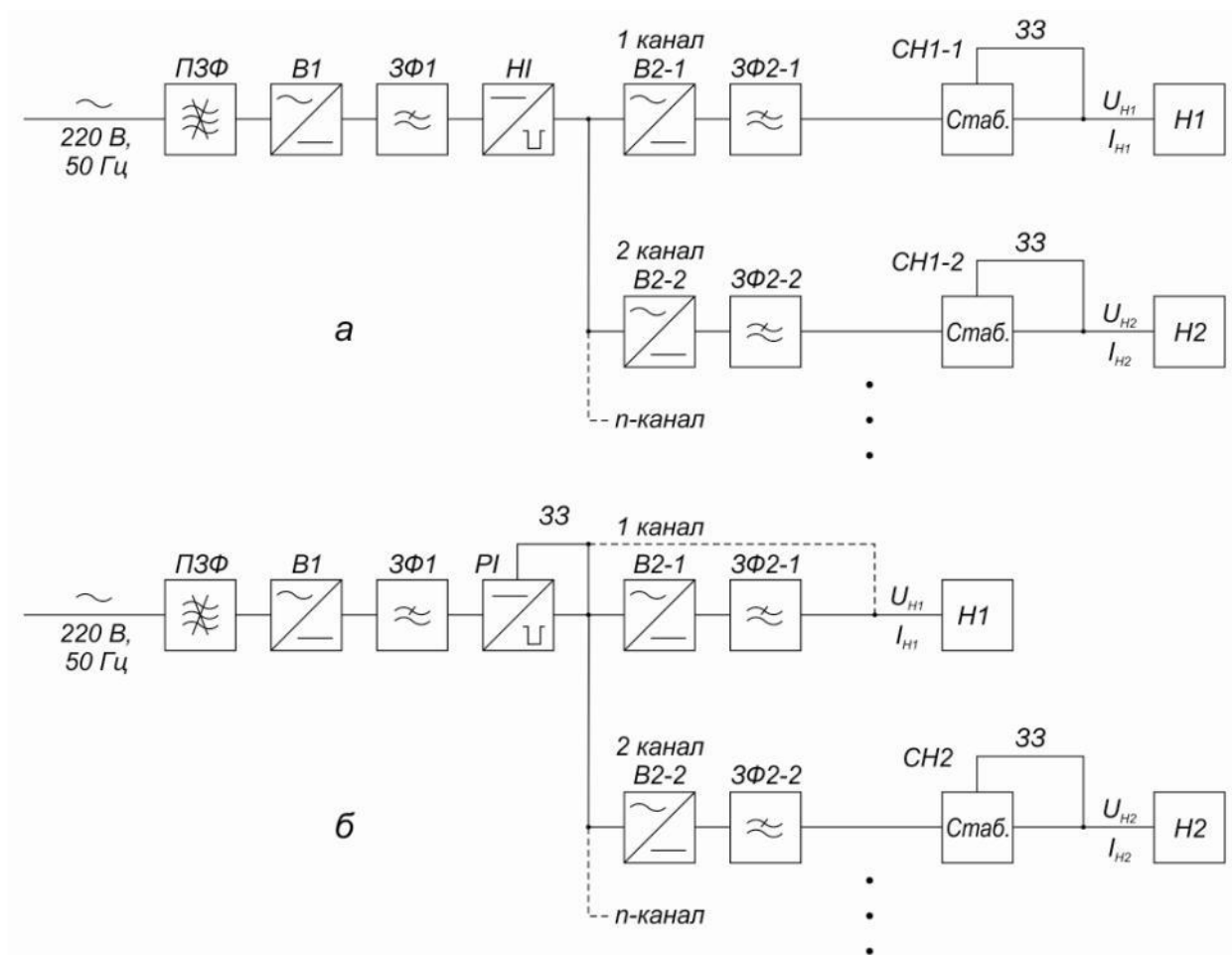


Рисунок 2.6 – Структурні схеми сучасних ДВЕЖ

Основним джерелом завад в захищаємому діапазоні є високочастотні інвертори. Їх структуру для потужних ЗТС, зазвичай, реалізують за мостовою (рис. 2.7,г) або напівмостовою (рис. 2.7,в) схемами. Зазначені структури притаманні також звуковим підсилювачам класу D.

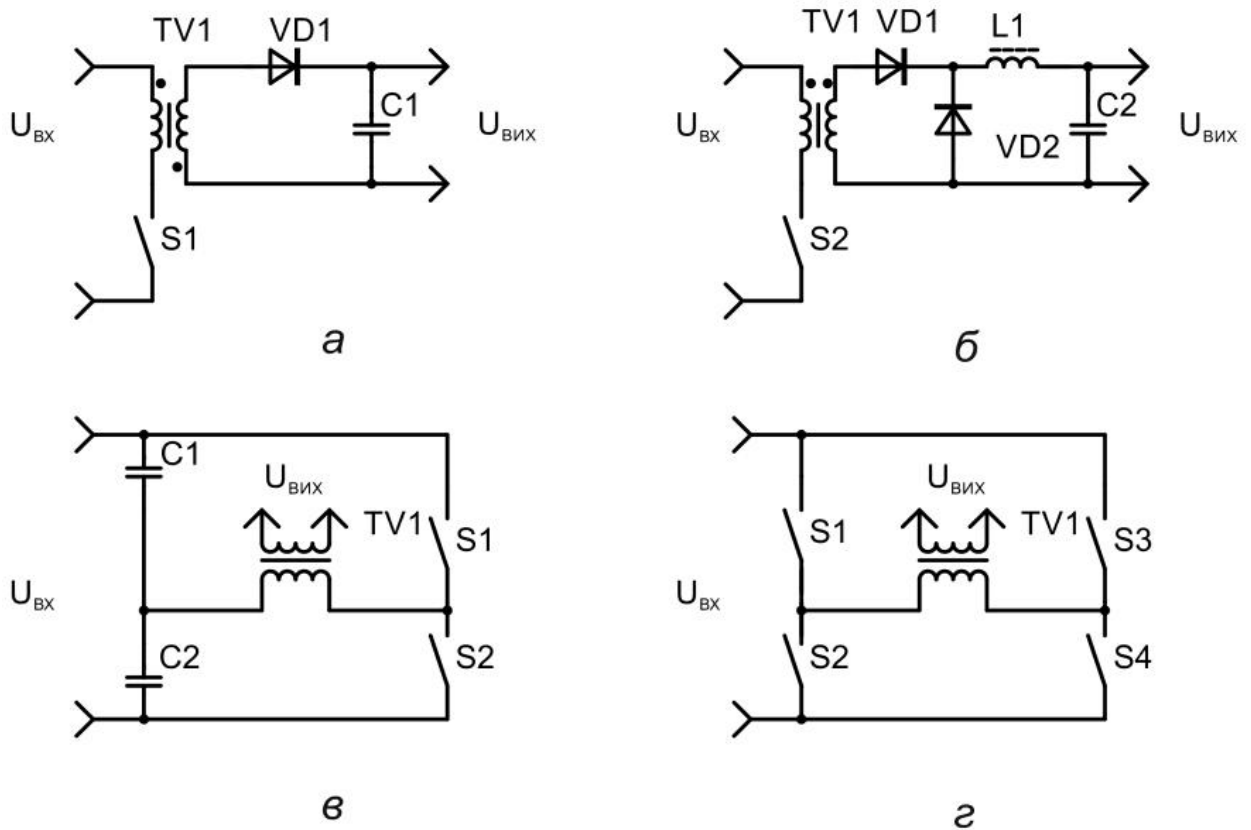


Рисунок 2.7 – Типові структури силових каскадів сучасних НПП

В НПП ЗТС малої потужності застосовують структури силових каскадів за схемами конверторів одноктного зворотного та прямого, відповідно, рис. 2.7,а та 2.7,б.

Тому забезпечити ЕМС ЗТС великої потужності з підсилювачами класу D (рис. 2.8) та ДВЕЖ з БТВ без застосування ПЗФ неможливо.

Вихідний сигнал з такого підсилювального каскаду проходить через фільтр нижніх частот, перед тим як досягне гучномовця, тому що цей сигнал являє собою модульовані імпульси, а не аналоговий сигнал, який можна подати на гучномовець.

В спектрі звукового сигналу в разі застосування сігма-дельта модуляції наявні разом з низькочастотними складниками також високочастотні. Зазвичай, внаслідок високих ККД таких підсилювачів, рівні завад також можуть перевищувати гранично допустимі.

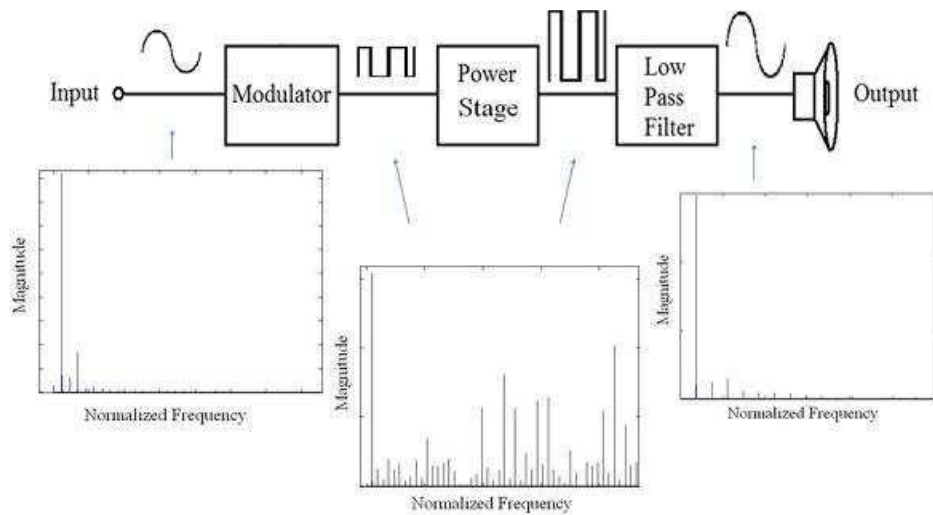


Рисунок 2.8 – Типова схема звукового підсилювача потужності класу D з зазначенням спектральних характеристик сигналів в тракті

На рис. 2.9 наведено спектр сигналу з частотою 2 кГц, дискретизований частотою 10 МГц. Імітаційне моделювання проведено в програмному середовищі MATLAB. Типовий спектр сигналу на виході дельта-сигма модулятора до фільтра містить явно виражені спектральні складники в низькочастотній області.

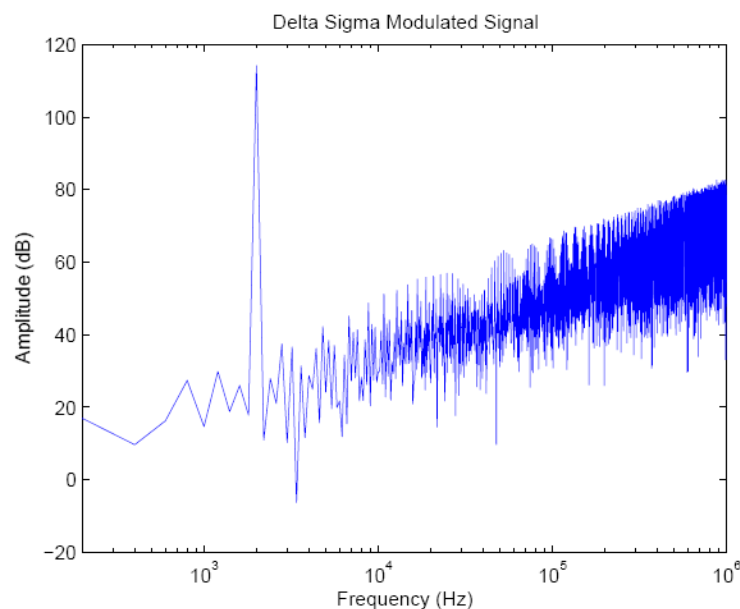


Рисунок 2.9 – Спектр тонального сигналу частотою 2 кГц з дельта-сигма модуляцією за частоти 10 МГц

Сигнал з частотою 2 кГц добре виділяється. Однак, навколо нього присутня велика кількість шумів, які потрібно відфільтрувати. Існує кілька способів прибрати шуми та завади, які можна класифікувати в залежності від типу шуму.

Застосування цифрової обробки сигналів в структурі ЗТС, завади від якої мають імпульсну або аналогову природу, а система ЦОС оперує цифровими даними, зумовило ряд специфічних проблем. Для ефективної роботи інтелектуального ПЗФ у реальних умовах необхідний аналоговий інтерфейс введення-виведення, що вимагає застосування АЦП. У системах ЦОС, які можна застосувати в ПЗФ для ЗТС для управління в режимі реального часу, інтерфейс введення-виведення є слабкою ланкою, оскільки він вносить затримку яку важко обмежити та збільшує час адаптації. Тому застосування дискретного принципу управління виконавчими елементами ПЗФ [44], які забезпечують зміну параметрів ланок, має свої переваги.

Це зумовило виключення можливості застосування попереднього налаштування на відповідні смуги фільтрів (ланок). Тому застосований відомий підхід в засобах обмеження рівня кондуктивних завад на основі ПЗФ, що містить Г-подібні ланки фільтра нижніх частот. На основі врахування особливості прояву паразитних резонансних контурів, впливу елементів конструкції і шляхів поширення завад, можлива адаптація параметрів. На рис. 2.10 наведено схемну модель такої ланки - з урахуванням паразитних параметрів основних компонентів, паразитних параметрів конструкції і шляхів поширення. У моделі поряд з регулярними параметрами дроселя L_{w1} , L_{w2} , конденсаторів за симетричним C_x і несиметричним C_{y1} , C_{y2} шляхом враховані паразитні міжвиткові CL_{w1} , CL_{w2} і міжобмоткову CL_{w1-w2} ємності дроселя, паразитні індуктивності симетричних LC_{x1} і несиметричних LC_{y1} , LC_{y2} конденсаторів, а також розподілені ємності C_k - з корпусу (осердя) дроселя щодо уземлювального провідника.

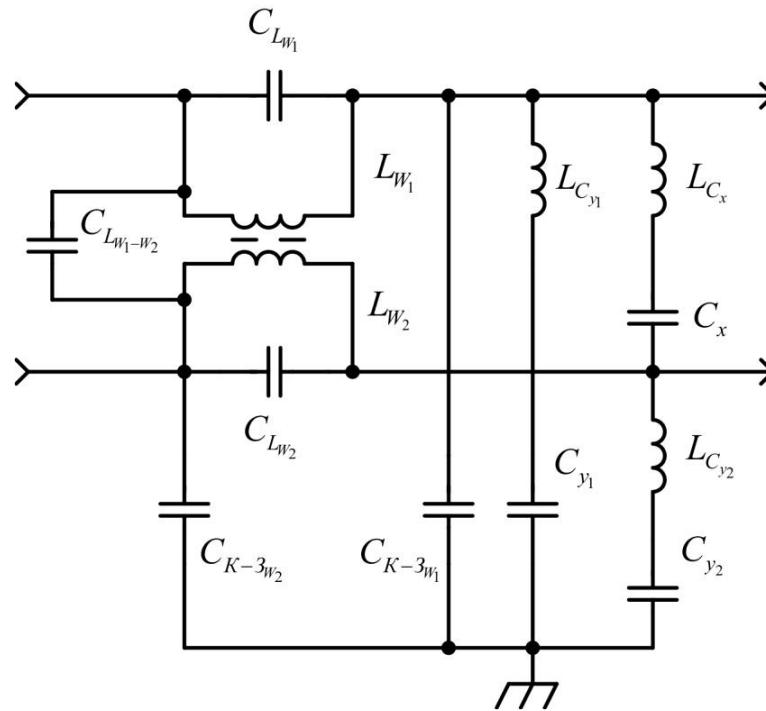


Рисунок 2.10 - Схемна модель Г-подібної ланки двопроводового ПЗФ з урахуванням паразитних параметрів основних компонентів, паразитних параметрів конструкції і шляхів поширення завад.

Структурну схему удосконалення типової системи ЦОС, яка застосована в інтелектуальному ПЗФ з адаптацією в реальному часі, наведено на рис. 2.11.

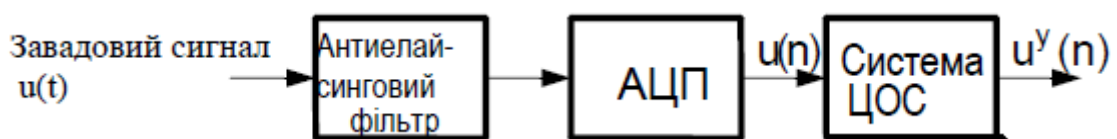


Рисунок 2.11 - Структурна схема узагальненої системи керування інтелектуального ПЗФ для ЗТС в режимі реального часу

Аналоговий вхідний фільтр застосовують для обмеження смуги частот вхідного аналогового сигналу перед його перетворенням в цифрову форму, щоб зменшити накладення дискретних спектрів (так званий антиелайсінговий). АЦП трансформує аналоговий вхідний сигнал в цифрову форму. Після цифрової обробки в процесорі можлива генерація сигналу

управління параметрами ПЗФ для адаптації структури до спектральних складових, властивих звуковому контенту, в захищаємій смузі частот. Головний вузол системи, представленої на рис. 2.11, - мікроконтролер або цифровий сигнальний процесор. Цифровий процесор може виконувати один з декількох алгоритмів ЦОС і відображати вхідну послідовність $u(n)$ у вихідну $u(n)$ без перетворення в аналоговий сигнал.

Недоліком відомих рішень є:

- 1) Дискретність перебудови власних резонансних частот ПЗФ;
- 2) Обмежений діапазон їх варіювання, і відсутність можливості активного загасання.

Тому дослідження і розробка нових методів і засобів забезпечення ЕМС є актуальною науковою задачею, яка передбачає необхідність обґрунтувати вибір раціонального способу обмеження рівнів завад в ЗТС, що використовують високопродуктивні мікроконтролери або цифрові сигнальні процесори, довести можливість і доцільність побудови інтелектуальних ПЗФ, які виконують разом з функцією обмеження завад також функцію моніторингу ЕМО, реалізуючи налаштування АЧХ передатної функції на реальний рівень завад, запропонувати рішення, що дозволяють в реальному часі адаптувати параметри ПЗФ за критерієм ЕМС.

2.3. Керування протизавадним фільтром

На рис 2.12 зображена основна блок-схема алгоритму для програмної частини пристрою, що буде керувати інтелектуальним ПЗФ за допомогою мікроконтролера типу C8051F120 [7].



Рисунок 2.12 - Блок-схема алгоритму

На табл. 2.2 зображено скорочена специфікація мікроконтролера.

Табл. 2.2 Скорочена специфікація мікроконтролера C8051F120

Виробник	SILICON LABS
Тип мікросхеми	мікроконтролер 8051
Об'єм пам'яті SRAM	8448Б
Напруга живлення	3...3,6В
Корпус	TQFP100
Характеристики інтегральних схем:	watchdog підсилювач входів ADC
Монтаж	SMD
Кіл-ть входів/виходов	64
Кіл-ть таймерів 16 біт	5
Об'єм Flash-пам'яті	8кБ
Кіл-ть каналів ШИМ	6
Робоча температура	-40...85°C
Кіл-ть компараторів	2
Кіл-ть перетворювачів A/D 8 біт	1
Кіл-ть перетворювачів A/D 12 біт	1
Кіл-ть перетворювачів D/A 12 біт	2
Інтерфейс:	<ul style="list-style-type: none"> • I2C • JTAG • SMBus • SPI • UART x2
Маса брутто	<ul style="list-style-type: none"> • 6.523 g

Програму з використанням таймерів доцільно застосовувати в разі низькочастотної ШІМ, що найбільш характерно для звукового контенту, що містить мова або звуки музичних інструментів з максимумом енергії в низькочастотній області спектра. Блок схему програми на мові С з використанням таймерів наведено на рис. 2.13.

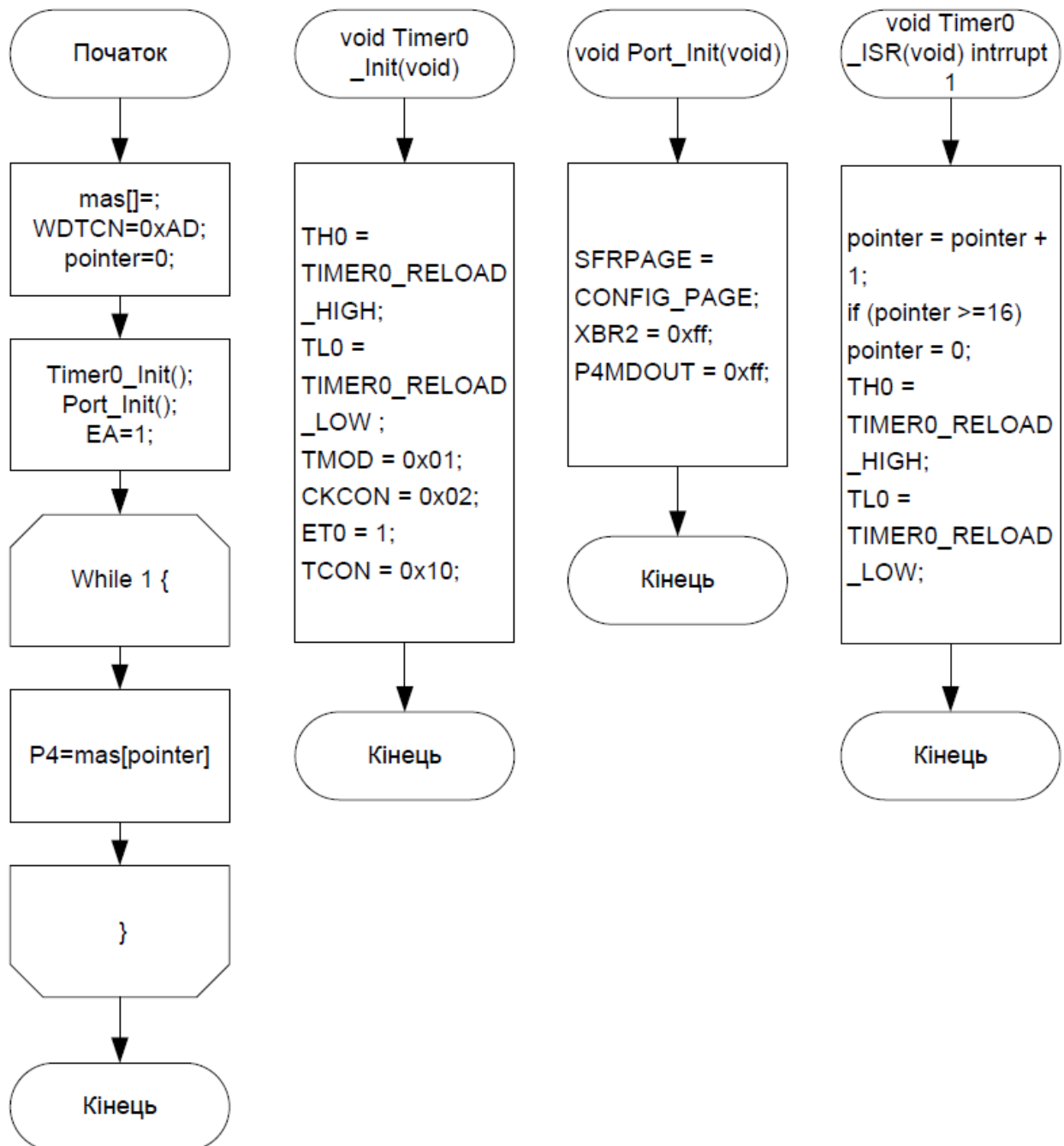
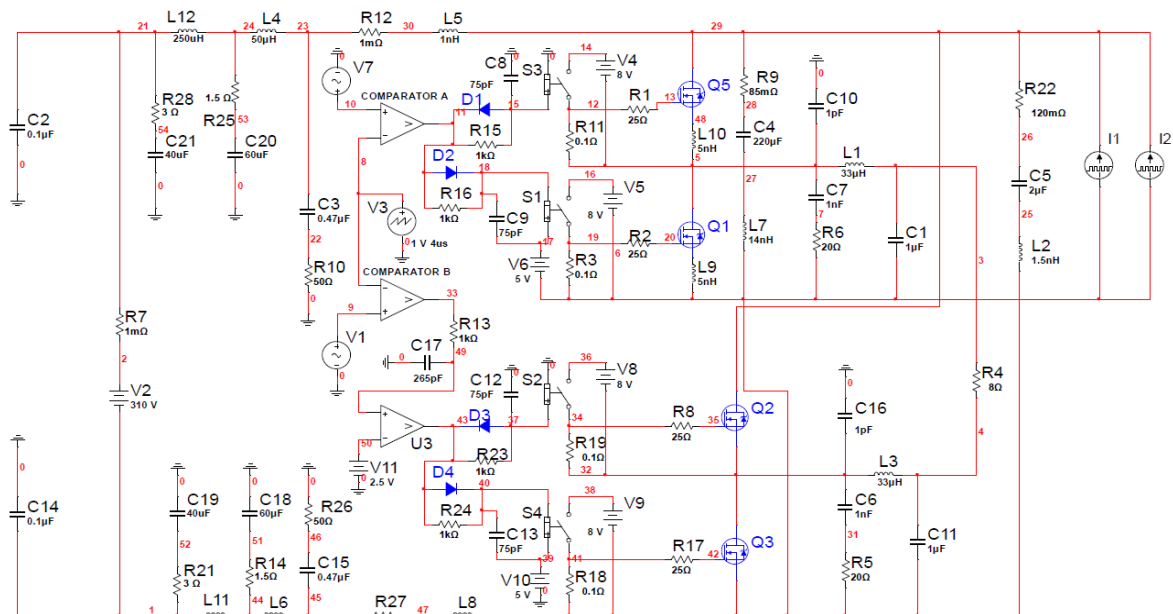


Рисунок 2.13 - Блок схема програми на мові С з використанням таймерів

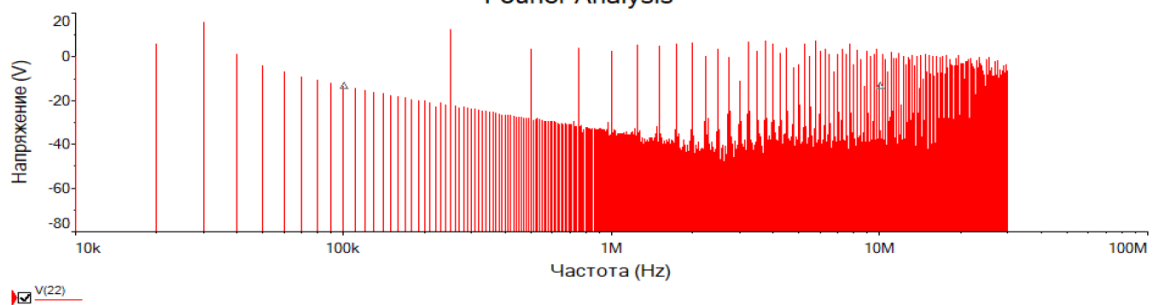
Також дана програма характеризується обмеженням щодо застосування лише 5 таймерів для генерації ШІМ послідовностей формування гармонійних (тональних) сигналів. Її перевага полягає в тому, що вона передбачає значно більш спрощену процедуру зміни частоти, форми і фази сигналів як з метою підмагнічування, так і інших застосувань.

Моделювання завад від напівпровідникового інвертора ДВЕЖ (рис. 2.14,а) підтверджує наявність значних рівнів завад (рис. 2.14,б), навіть за умов пауз у звуковому контенті ЗТС. Удосконалена імітаційна модель містить еквівалент мережі, що враховує імпеданс електромережі в низькочастотному діапазоні згідно з ІЕС/TR 60725 та EN 500065-1.



а

Fourier Analysis



б

Рисунок 2.14 - Імітаційна модель мостового інвертора (а) та результати аналізу спектральних складників завад (б)

Наведені результати дозволяють стверджувати що у спектрі завад можливо виділити локалізовані низькочастотні складники, на які має бути налаштовані максимуми загасання ІМПЗФ. Відома структура фільтра [49], що дає змогу адаптувати його характеристики відповідно до завадового оточення. Можливі кілька процедур, що призводять до підвищення ефективності фільтра. Деякі з них вимагають значних обчислювальних ресурсів і реалізація такого пристрою призведе до суттєвого подорожчення виробу.

Запропоновано концепцію інтелектуального протизавадного фільтра з віддаленою обробкою даних як елемента інформаційної системи. Доцільно доповнити відому структуру безпроводовим модулем (передавачем) для віддаленого контролю роботи ПЗФ. Саме такий підхід реалізує технологія „Інтернету речей”. Структура інтелектуального фільтра при цьому розподілена на дві частини, наведені на рис. 2.15, де безпосередньо на місці встановлення в блоці 2 визначено відліки аналого-цифрового перетворення МК та обчислення рівня домінуючої завади в електромережі (блок 1) винесено за межі як корпусу інтелектуального мережевого протизавадного фільтра (ІМПЗФ), так, власне і самої ЗТС (блок 3). Друга (інформаційні) частина відокремлена і в ній (блок 4) передбачено апаратно-програмну підтримку визначення електромагнітної обстановки на місці застосування ЗТС і генерація необхідного сигналу для налаштування параметрів інтелектуального мережевого протизавадного фільтра. Загалом ця процедура призводить до ускладнення системи, але ефективність суттєво зростає.

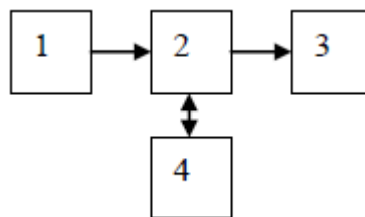


Рисунок 2.15 – Удосконалена структура ІМПЗФ з віддаленим контролем

Стрімкий розвиток телекомунікаційних мереж і обчислювальних технологій дозволив вирішувати трудомісткі обчислювальні завдання з використанням двох і більше комп'ютерів, об'єднаних в мережу, виносити ці складні обчислювальні завдання в мережу – на наш час це середовище отримало назву "хмара".

Сучасні канали зв'язку, мобільні або фіксовані, мають велику пропускну здатність, яку, в свою чергу, використовують для зв'язку з "хмарами" [38] і це надає можливість ефективного використання хмарних обчислювальних сервісів, внаслідок цього здешевлено і спрощено процес розподілених обчислень.

Оператори зв'язку вважають хмарні технології в перспективі одним з найбільш перспективних напрямків на ринку додаткових послуг сьогодення. В "хмарі" переносять найглобальніші і найважчі обчислення, одним з яких є обробка потоку даних, які потребують застосування теорії прийняття рішень [39].

Хмарні технології істотно змінюють способи доставки і використання програм. Доступ до хмарних сервісів може здійснюватися з будь-якого місця і в будь-який час. При цьому традиційні корпоративні і безпроводові мережі є критичним компонентом, який з'єднує користувачів і пристрої з «хмарами». Глобальним мережам часто не вистачає продуктивності, надійності, необхідного рівня безпеки, а також інструментів видимості (visibility) і моніторингу додатків, які важливі при розгортанні хмарних сервісів (див. рис 2.16).

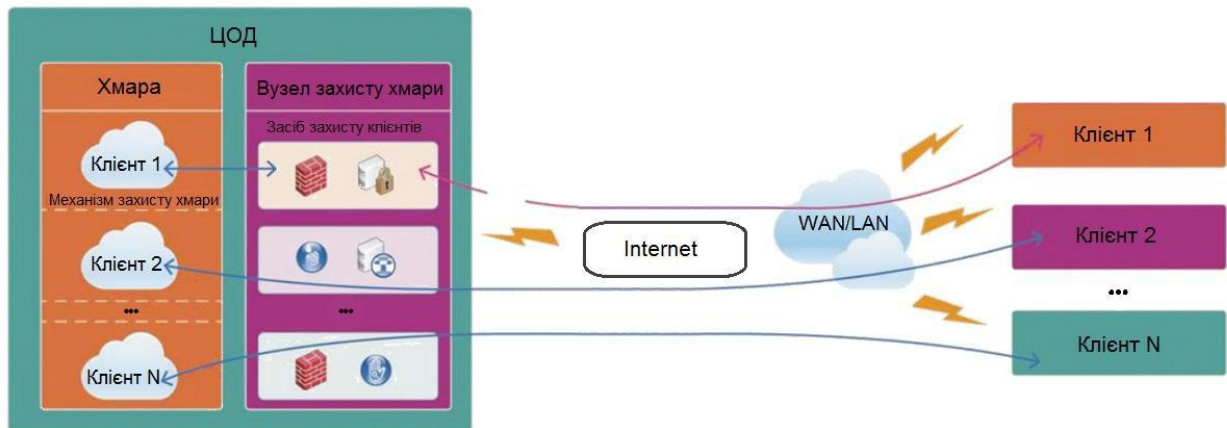


Рисунок 2.16 – Структура взаємодії ІМПЗФ (Клієнт І) і віддаленої системи моніторингу ЕМО

Загальна структура рис. 2.16 охоплює відокремлені ІМПЗФ, підключені як клієнт сервісу до однієї, так і до різних електромереж змінного струму, безпроводий доступ локальної або глобальної мережі до центру обробки даних, що надає сервіс захисту інформації. Саме це дає змогу убезпечити зовнішній несанкціонований вплив на керування параметрами ІМПЗФ.

Таким чином можна керувати як параметрами так і цілими схемами в протизавадних фільтрах використовуючи хмарні обчислення. Однак, проблема полягає в тому, що такий варіант не ідеальний і в ньому є ряд нюансів:

3. Необхідний постійний та безперебійний зв'язок з сервером;
4. Відносно велике споживання енергії як зі сторони серверу, так і зі сторони клієнта, що надсилатиме і прийматиме сигнали зчитування та корегування параметрів відповідно.

Як варіант можна використовувати технологію Bluetooth для передачі та прийому даних на ПЗФ.

Висновки до другого розділу

Виходячи з середовища поширення електромагнітні завади поділяються на:

- 1) Індуктивні. До них відносяться завади, які поширюються в вигляді електромагнітних полів в непровідящих середовищах;
- 2) Кондуктивні. До даного виду відносяться струми, які протікають по проводять конструкціям, а також землі.

Ця класифікація є умовною, тому що в реальних умовах електромагнітний процес, що протікає, є єдиним.

При різних ситуаціях необхідно використовувати ті чи інші схеми фільтрів. Не існує ідеального фільтру який зміг би обмежити всі види завад. Керування цими ПЗФ може відбуватися за допомогою мікроконтролера типу C8051F120, що підтримує Wi-Fi технологію.

Зрозуміло, що при інтелектуалізація пристрою призводить до збільшення ефективності протизавадного фільтру. Оскільки, це означає як правильний розподіл ресурсів так і максимальну ефективність пристрою стосовно підбору «під кожну ситуацію».

Запропоновано використати рішення двоканального керування з декількох причин:

1. Використання найбільш енергоефективного каналу, що призводить до зменшення затрат електроенергії;
2. При неможливості використання одного з каналів керування буде задіяний інший і навпаки;
3. Дозволить централізувати прилади, які працюють разом з ПЗФ в приміщеннях або площі з радіусом до 100 метрів.

Для реалізації задуманого необхідно використати мікроконтролер з наявним модулем як Wi-fi так і Bluetooth.

3. КЕРУВАННЯ ІМПЗФ ЗА ДОПОМОГОЮ BLUETOOTH

3.1. Технологія Bluetooth

Bluetooth технологія – технологія безпроводового зв'язку, яка була створена у 1998 році. Її основне призначення це забезпечення економного (стосується споживання струму) і дешевого радіозв'язку між різноманітними типами електронних пристроїв. Це можуть бути як мобільні телефони та аксесуари до них, портативні та настільні комп'ютери, принтери та інші. Однією з безумовних переваг цієї технології є компактність електронних компонентів. Це дає можливість застосовувати її у пристроях з дуже малими габаритами. На рис. 3.1 зображено Bluetooth модуль HC-06 RS232 TTL, який дуже часто використовують в роботі з проектами на основі Arduino [15].

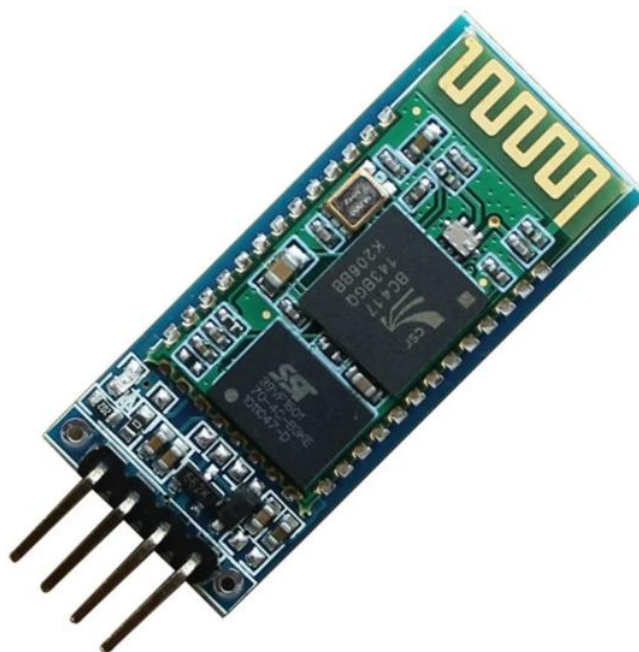


Рисунок 3.1 - Bluetooth модуль HC-06 RS232 TTL

Завдяки інтерфейсу та останнім розробкам в цій області Bluetooth дає змогу передавати як голос (зі швидкістю 64 Кбіт/с), так і дані. Останньому і надається більша перевага. Для передачі даних можуть бути використані асиметричний (721 Кбіт/с в одному напрямку і 57,6 Кбіт/с в іншому) та симетричний (432,6 Кбіт/с в обох напрямках) методи.

Слід зазначити, що робота Bluetooth виконується на частоті 2.4 ГГц (що є стандартом серед пристроїв передачі даних, наприклад, таких як роутер), тому підтримується усіма пристроями, робота яких заснована на передачі інформації. Це дає змогу встановлювати зв'язок у межах від 0 до 100 метрів між приладами. Різниця у відстанях, безумовно, велика, проте з'єднання в межах 10 метрів дає змогу зберегти низьке енергоспоживання, компактний розмір і досить невелику вартість компонентів [18].

Таким чином, малопотужний передавач споживає всього 0.3 мА в режимі standby (очікування) і в середньому 30 мА під час обміну інформацією.

У стандарті Bluetooth передбачене шифрування даних, які передаються, завдяки використанню ключа ефективною довжини, що становить від 8 до 128 біт і можливістю вибору аутентифікації: односторонньої або двосторонньої. Додатково, до шифрування на рівні протоколу, може бути використано шифрування на програмному рівні.

Сама технологія Bluetooth працює за принципом FHSS (англ. Frequency-hopping spread spectrum - Спектр поширення частоти стрибків). Коротко принцип роботи можна пояснити так: сам передавач розбиває всю сукупність даних на пакети і передає їх за псевдовипадковим алгоритмом стрибкоподібної перебудови частоти близько 1600 разів в секунду, або використовує шаблон (pattern), що складений з 79 підчастот. «Зрозуміти» один одного можуть тільки ті пристрої, які налаштовані на один і той самий шаблон передачі. Для сторонніх приладів передана інформація буде звичайним, незрозумілим шумом[19].

Основним структурним елементом мережі Bluetooth є так звана «пікомережа» (piconet) — сукупність від 2 до 8 пристроїв, що працюють на одному і тому ж шаблоні. У кожній цій пікомережі один пристрій працює як активний (master), а інші як пасивні (slave). Активний пристрій (Master) визначає шаблон, на якому працюватимуть усі пасивні пристрої (slave) його пікомережі, і синхронізує її роботу. Стандарт Bluetooth передбачає з'єднання

незалежних і навіть не синхронізованих між собою пікомереж (до 10) в так звану «scatternet» (англ. to scatter звучить як "розсіювати"). Для цього кожна пара пікомереж повинна мати як мінімум один спільний пристрій, який буде активним в одній і пасивним в іншій [22]. Таким чином, у межах окремої scatternet з інтерфейсом Bluetooth може бути одночасно пов'язано максимум 71 пристрій, однак ніхто не обмежує застосування пристроїв-гейтів, які використовують той же Internet для більш далекого зв'язку.

Сама по собі Bluetooth - вельми стара технологія на IT-ринку. На даний момент вона вважається застарілою, оскільки, має доволі погані (по сучасним міркам) параметри. І сьогодні ні в одному пристрої, не використовується.

Наступною версією протоколу була 1.2 - нині теж вважається застарілою. Однак вона вірою і правдою служила користувачам набагато довше. Її можна зустріти і зараз в деяких дешевих пристроях китайського виробництва. Максимальна швидкість передачі даних Bluetooth 1.2 складає 721 Кбіт/сек. Пристрої спаровуються набагато швидше, а також з'явилася можливість перебувати в мережі повністю анонімно. Дана версія протоколу дозволяє передавати не тільки музику і картинки, але і інші види файлів, а також сервісні дані.

Поява технології EDR, або Enhanced Data Rate (Підвищена швидкість передачі даних), стала наступним кроком у розвитку Bluetooth. Швидкість передачі даних в теорії зросла до 3 Мбіт/сек. Однак, на практиці вище 2 Мбіт/сек вона зазвичай не піднімалася через свої можливості. Цю технологію підтримують дві версії блютуз - 2.0, випущена в 2004 році, і 2.1, що з'явилася на світ в 2007-му. Вони практично повністю ідентичні, відрізняються лише технологіями енергозбереження (2.1, звісно, краща).

З Bluetooth 2.1 сумісні практично всі наявні в продажу прилади такі як: мобільні телефони, навігатори, гарнітури і ін. Енергоспоживання в порівнянні з попередніми версіями протоколу знизилося майже в 10 разів, що

зробило можливим масове виробництво компактних пристроїв, де значне місце раніше займали батареї.

Блютуз версії 3.0 з'явився в 2009 році. З його появою стала можливою передача інформації з набагато більшою швидкістю, ніж раніше (технологія HS, або High Speed). Сумісні з Bluetooth 3.0 + HS пристрої оснащуються 2.1 + EDR (до 3 Мбіт / сек), а також другим модулем, який працює аналогічно вайфай і забезпечує швидкість до 24 Мбіт / сек. Незважаючи на схожий принцип роботи, сумісності безпосередньо з Wi-Fi немає.

Технологія HS при всіх своїх перевагах мала один серйозний недолік - висока енергоспоживання. Але вже в 2010 році, коли з'явилася Bluetooth 4.0, цей недолік був виправлений. Чіп цієї версії присутній у всіх топових смартфонах і планшетах, а також в більшості ультрабуків. Передавати дані можна на відстані до 100 метрів зі швидкістю до 30 Мбіт / сек. Проте зі збільшенням відстані – буде зростати і енергоживлення, але це все ще ніщо в порівнянні з попередніми версіями.

Варто, однак, відзначити, що не всі можливості даного стандарту Bluetooth є обов'язковими. Так, можливість тривалої автономної роботи (функція Bluetooth Low Energy) підтримується тільки найновішими пристроями.

Більшість периферійних пристроїв, таких як гарнітури, навігатори та ін., Підтримує Bluetooth 2.1 + EDR, так що якщо ваш апарат підтримує ту ж версію, все буде в порядку. Хоча деякі пристрої можуть підтримувати інші версії протоколу [23]. Так, налагоджувальні годинник Texas Instruments MetaWatch, що відображають на дисплеї різноманітну інформацію про смартфон, підтримують Bluetooth 4.0. Щоб все працювало, ваш апарат повинен підтримувати ту ж версію.

Якщо для вас важлива високошвидкісна передача інформації, тоді вам потрібен Bluetooth версії 3.0 або 4.0 на обох апаратах.

Спосіб передачі інформації через Bluetooth дозволяє уникнути вищезазначених проблем використання аналогічної по принципу роботи з «хмарними» обчислюваннями, однак, породжує свої труднощі такі як:

3. Діє обмеження щодо використання приладів на відстані більше 15м так як зв'язок на цій дистанції зникає

4. Використовуючи більш старі версії Bluetooth (до 5.0) є можливість використання лише одного пристрою.

Таким чином найкращим варіантом буде поєднання обох способів обчислень як по системі Wi-Fi, так і по Bluetooth. Це дозволить використовувати прилади з ПЗФ практично в будь-яких умовах. При неможливості зкорегувати параметри ПЗФ за допомогою «хмарних» обчислень система керування фільтром звернеться до обчислення через канал зв'язку Bluetooth і навпаки.

Ролі master / slave не строго фіксовані і можуть змінюватися в залежності від завантаження пристроїв та інших факторів. При цьому в залежності від поточної структури мережі пристрій може виконувати різні ролі в різних з'єднаннях, а також може носити одну і ту ж роль, наприклад slave для різних master.

Для роботи пристроїв за технологією Bluetooth відведений частотний діапазон від 2.402 до 2.480 ГГц. Причому технологія Bluetooth передбачає роботу різних піко мереж в одному і тому ж просторі (наприклад, кімнаті) і на одній і тій же частоті. Таких мереж може бути кілька, і з'єднання не будуть інтерферувати (заважати) один з одній. Існує кілька особливостей технології Bluetooth, які дозволяють вищевказані можливості [21].

По-перше, кожен пристрій починає роботу в мережі на мінімально можливій потужності (1 мВт) запобігаючи тим самим появу інтерференції з уже працюючими пристроями. Далі потужність може поступово збільшуватися, аж до 3 Вт що дозволяє працювати на відстані до 100 метрів.

По-друге, Bluetooth на радіо інтерфейсі використовує технологію spread-spectrum frequency hopping - розмазування спектра за допомогою

перескоків по частоті. Суть її полягає в тому, що весь доступний спектр ділиться на 79 підканалів. Пристрої, що беруть участь в з'єднанні змінюють частоту 1600 разів в секунду, причому це відбувається випадковим, відомим тільки цим пристроям способом. Тому дуже мала ймовірність того, що два або більше одночасно активних з'єднання будуть працювати на одній і тій же частоті в один і той же час. Навіть якщо це і станеться, то це завдасть дуже незначний збиток, який може бути легко усунутий повтором пакета або алгоритмом корекції помилок.

Через те, що Bluetooth - це бездротова технологія, і вона використовує загальну середу передачі інформації між пристроями, доступ до об'єктів мережі може бути отриманий досить легко. У свою чергу, по Bluetooth-з'єднанням часто передається важлива і конфіденційна інформація, а самі з'єднання можуть використовуватися як шляху передачі вірусів і шпигунства. Тому аспектам безпеки в даній технології приділяється не останнє значення.

Технологія Bluetooth має кілька режимів забезпечення безпеки. Залежно від пристрою в яке вбудовується передавач може застосовуватися той чи інший набір режимів. У переважній більшості випадків користувач може встановити деяке коло довіри і включити в нього ті пристрої, з якими дозволяється доступ без проходження процедур безпеки. Якщо ж запит у встановленні з'єднання надійде від пристрою не входить в це коло, то користувач сам буде вирішувати: чи дозволити йому доступ чи ні? Крім цього, процедури безпеки передбачають настройку обмежень по доступу до різних області пам'яті і до різноманітних послуг на зв'язаному пристрої. Від володаря пристрою, до якого ведеться звернення, також потрібне підтвердження на запит щодо доступу до тих чи інших послуг. Зрештою, користувач може відключити Bluetooth-передавач взагалі і заборонити доступ для всіх пристроїв, що повністю виключить можливість несанкціонованого доступу.

Однією з найбільш актуальних загроз для Bluetooth пристроїв - це поширення мобільних вірусів, які використовують для свого поширення з'єднання цієї технології. Однак за рахунок введення процедури підтвердження про прийняття з'єднання передача вірусів не приймає лавиноподібного характеру. Крім того, перед відправкою до наступного пристрою такий вірус повинен бути попередньо запущений на телефоні-джерелі, що також не сприяє їх поширенню.

Існують також ще 3 специфічні для Bluetooth проблеми, які знаходять велике поширення останнім часом: Bluejacking, Bluebugging і Car Whisperer. Bluejacking передбачає розсилку свого роду «візитних карток», які пропонують додати новий пристрій до списку дозволених. Якщо користувач не роздумуючи зробить це, то злоумисники отримають доступ до бажаного об'єкту. Bluebugging - це ще більш небезпечна проблема, яка заснована на пошуку дір в системі безпеки технології. У разі успіху доступ до вмісту пристрою може бути отриманий без відома власника. Car Whisperer передбачає використання стандартної аудіо системи автомобіля, які останнім часом часто оснащуються Bluetooth для підслуховування розмов усередині салону.

Вище перераховані тільки відомі проблеми, проти яких вже з'явилися або розробляються засоби захисту. Можна прогнозувати і подальше виникнення атак на Bluetooth, тому що в разі успіху користувачі отримують дуже широке поле для діяльності.

На табл. 3.1 зображена різниця між кожною з версій Bluetooth [15-24].

Таблиця 3.1 Різниця між версіями Bluetooth

Версія Bluetooth	Зміни
1.0	Серед ключових проблем - досить нестабільний сигнал і постійне переривання з'єднання. Більш того, виробники стали відзначати відсутність належної взаємодії між різними пристроями.
1.1	Додана підтримка для незашифрованих каналів, індикація рівня потужності сигналу (RSSI).
1.2	Отримав відразу ряд поліпшень: від підвищення швидкості передачі даних (до 1 Мбіт/с) і поліпшення завадостійкості до підтримки профілю A2DP, вперше дозволив передавати стереозвук.
2.0	1) Збільшена швидкість передачі даних. Згідно з документацією, Bluetooth 2.0 володів пропускну здатність до 3 Мб/с; 2) Поява технології EDR, яка і свідчила про більш досконалої версії протоколу, прямо впливаючи на швидкість; 3) Додаткова смуга пропускання для синхронного підключення декількох пристроїв; 4) Незначне зниження енергоспоживання.
2.1	Енергоефективність зросла до 10 разів, а з'єднувати два пристрої стало значно простіше.
3.0	Включав дві версії радіосистеми: стандартну 2.0 (до 3 МБ/с), а також сумісну з 802.11, високошвидкісну (до 24 МБ/с). Залежно від розміру переданого файлу змінюється і версія радіосистеми.
4.0	Зменшене енергоспоживання. Масштабне використання в техніці.
4.1	Введення спільної роботи Bluetooth і мобільного зв'язку четвертого покоління LTE.
4.2	Підвищення конфіденційності та збільшення швидкості передачі даних.
5.0	Запропонує вчетверо більший радіус дії, вдвічі більшу швидкість передачі даних і вісім разів збільшену ємність повідомлення безконтактної радіопередачі.
5.1 (ще не представлено)	Очікується що з нею у користувачів буде можливість визначати місце розташування й напрямок з максимальною точністю

3.2. Використання Bluetooth технологій в керуванні ІПЗФ

Застосування концепції інформаційного середовища дозволяє суттєво розширити функціональні можливості таких засобів забезпечення ЕМС, зокрема, з інтелектуальним керуванням за допомогою використання безпроводових технологій.

Структура перспективних інтелектуальних ПЗФ зображена на рис. 3.2. Основою всієї системи є інтелектуальний модуль, що виконує функції аналізатора завад, коректора частотної характеристики ПЗФ та модуля безпроводового каналу зв'язку з віддаленим керуванням і обробкою даних у хмарних середовищах.

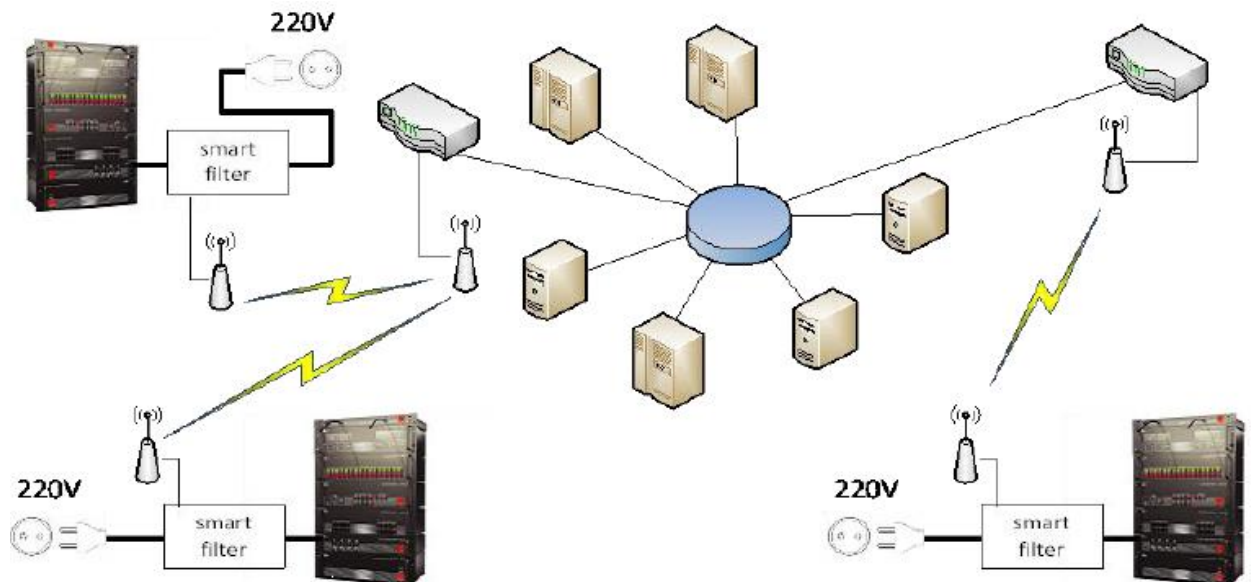


Рисунок 3.2 - Структура перспективних інтелектуальних ПЗФ

Однак, доцільно застосовувати в ІМПЗФ мікроконтроллер з можливістю передачі даних за декількома бездротовими технологіями, залежно від багатьох параметрів таких як:

- 1) від стану електромагнітного оточення;
- 2) від можливості підключення через один з каналів.

3.3. Вибір мікроконтролера для двоканального зв'язку

На сьогодні існують безліч видів мікроконтролерів, які застосовуються практично в усіх саморобках [27]. Основні з них:

1) ESP8266 - мікроконтролер китайського виробника Espressif Systems з інтерфейсом Wi-Fi. Крім Wi-Fi, мікроконтролер відрізняється відсутністю флеш-пам'яті в SoC, програми користувача виконуються із зовнішнього флеш-пам'яті з інтерфейсом SPI. Він привернув увагу в 2014 році в зв'язку з виходом перших продуктів на його базі за незвичайно низькою ціною;

2) ESP8285 - мікроконтролер в одній мікросхемі якого знаходиться як SoC ESP8266, так і 1 МБайт флеш-пам'яті;

3) ESP32 - серія недорогих мікроконтролерів з низьким енергоспоживанням. Являють собою систему на кристалі з інтегрованим Wi-Fi і Bluetooth контролерами і антенами.

4) ATWINC3400 - це модуль мережевого контролера IoE 802.11 b / g / n і Bluetooth 5 покоління. Його специфікація це використання в сфері Інтернету речей (IoT).

Оскільки технологією Bluetooth володіють тільки останні два представники (ESP32 і ATWINC3400), отже, вони потребують детальнішого аналізу та порівняння характеристик.

В табл. 3.2 зображено детальні технічні характеристики мікроконтролерів ESP32-WROOM-32 (одна з найпопулярніших версій ESP32) і ATWINC3400. Слід зазначити що зрівнюються тільки ті характеристики які будуть використовувати в роботі з ІМПЗФ.

Таблиця 3.2. Технічні характеристики мікроконтролерів

Параметр	ESP32-WROOM-32	ATWINC3400 -XPRO
Тип	Wi-Fi + Bluetooth Low Energy	Wi-Fi + Bluetooth Low Energy
Характеристика Wi-Fi	802.11 b/g/n	802.11 b/g/n
Версія Bluetooth	4.2	5
Робоча температура	-40 °C ~ +85 °C	-40 °C ~ +85 °C
Енергоспоживання	80 – 200 мА	200 – 500 мА
Робоча частота	2.4 GHz ~ 2.5 GHz	2.4 GHz
Ціна (на момент долідження)	~250 грн/шт	~1000 грн/шт

Як видно з табл. 3.2 мікроконтролер ATWINC3400-XPRO має дещо кращі характеристики стосовно передачі даних по каналу Bluetooth. Однак, в роботі швидкості до 150 Мб/с буде достатньо, оскільки передаватися будуть незначні за об'ємом файли. Тим самим енергоефективність у ESP-WROOM-32 буде кращою [34].

Прийнято рішення використовувати модулі SMT плати на основі ESP32, оскільки, вони містять ESP32 SoC і призначені для легкого інтегрування в інші плати. Вимірювані інвертовані F-антенні конструкції використовуються для трасування антени РСВ на модулях. Крім флеш-пам'яті, деякі модулі включають псевдостатичну оперативну пам'ять (pSRAM).

Запропоновано використати двоядерний процесор типу ESP-WROOM-32 (зображено на рис. 3.3) з вбудованими модулями прийомопередавачів за обома технологіями: як Bluetooth так і WiFi. Це дозволить використовувати прилади з ПЗФ практично в будь-яких умовах. При неможливості зкорегувати параметри ПЗФ за допомогою «хмарних» обчислень система керування фільтром звернеться до обчислення через канал зв'язку Bluetooth і навпаки.

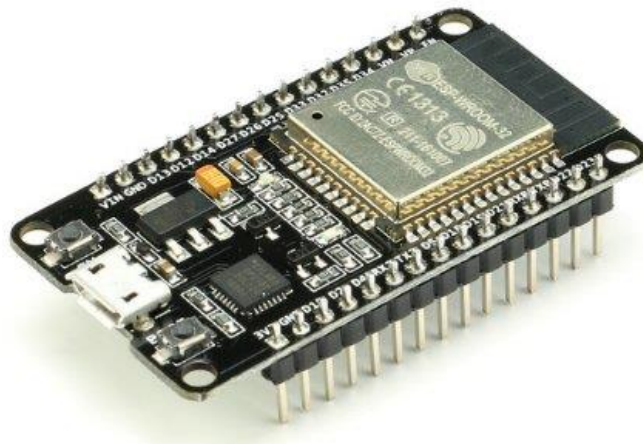


Рисунок 3.3 - Модуль ESP-WROOM-32 з підтримкою стандартів зв'язку типу Wi-Fi + BT + BLE

ESP-WROOM-32 - потужний високопродуктивний модуль загального призначення з вбудованим мікроконтролерним ядром і з підтримкою стандартів зв'язку Wi-Fi + BT + BLE, призначений для широкого ряду додатків з економічним енергоспоживанням. Модуль повністю відповідає вимогам таких завдань, як передача голосу, передача потокового аудіо та MP3 звуку, ну і, звичайно, передача інформації в плані розрахунків та обчислень. Модуль побудований на базі чіпсета ESP32-D0WDQ6. Чіпсет створювався, виходячи з міркувань максимально легким масштабуванням і адаптації до умов застосування, що дозволяє вікористовувати модуль практично в будь-яких приладах та пристроях. Чіпсет містить двоядерний процесор (або одноядерний, в залежності від модифікації чіпсета) з можливістю тактування частотою від 80 МГц до 240 МГц. Структура процесора наведена на рис. 3.4. В той час у користувача є можливість повністю відключити вбудоване CPU і залишити працювати тільки співпроцесор для постійного моніторингу периферії на предмет перевищення порогу сигналами зовнішніх датчиків. ESP32 інтегрує багатючий набір вбудованої периферії, включаючи ємнісні сенсори торкання, датчики Холла, малопотужні підсилювачі, інтерфейс SD-карти, Ethernet, високошвидкісний SPI, UART, I2S і I2C, тому це є універсальним рішенням [35].

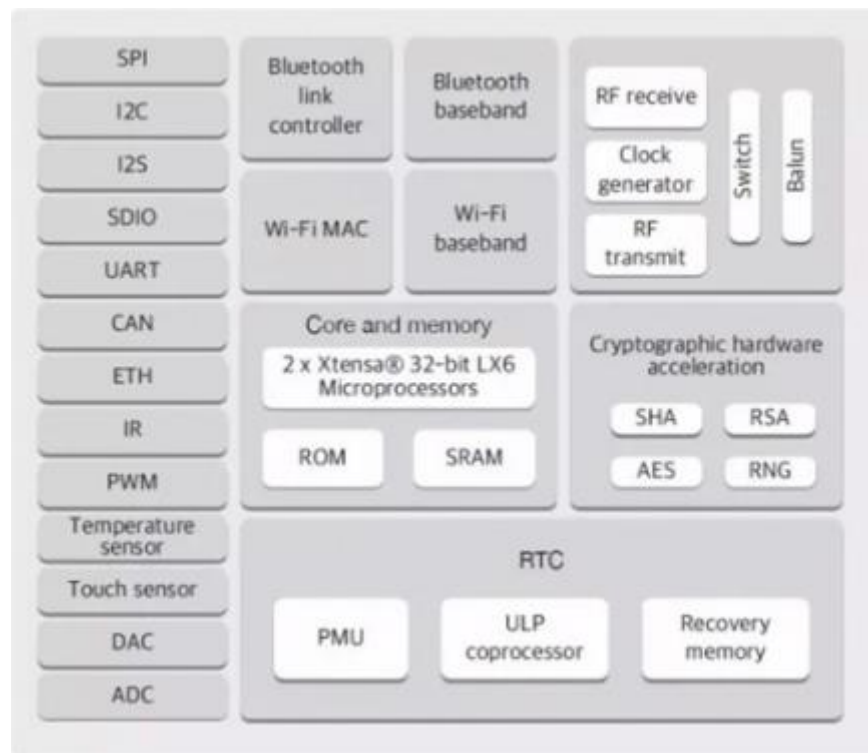


Рисунок 3.4 - Структура процесора в ESP-WROOM-32

Вбудована підтримка Bluetooth, Bluetooth LE і Wi-Fi гарантує високу ефективність застосування модуля з можливістю доробити (додати новий або розширити теперішній функціонал) в майбутньому:

1. Wi-Fi дозволяє говорити про високу ефективність застосування в задачах, де відбувається підключення до мережі Інтернет через Wi-Fi – роутер. Цей варіант буде використовуватися для «хмарних» обчислень по технології Wi-Fi.

2. Завдяки Bluetooth користувач може підключати модуль до смартфона або будь-якого іншого призначеного для користувача пристрою, включаючи пристрій для обчислень параметрів та схем протиаварійних фільтрів.

Струм сплячого режиму ESP32 становить менше 8 мкА, що робить його оптимальним рішенням для пристроїв з батарейним живленням. Це також дозволить зробити пристрій автономним і «переносним» рішенням. Також це дозволяє вирішити одну з проблем Wi-Fi передавання, а саме: забезпечення безперебійного живлення.

ESP32 підтримує швидкість передачі даних до 150 Мбіт/с, і підводиться до антени вихідну потужність 20.5 дБм. Таким чином, чіп являє собою лідируючу в галузі специфікацію параметрів і чудову продуктивність

процесорного ядра, контролера бездротового зв'язку, високу дальність зв'язку, оптимальне енергоспоживання, широкий ряд комунікаційних можливостей. Операційна система, яка використовується в складі ядра ESP32 - freeRTOS з підтримкою технологій LwIP і TLS 1.2 з апаратним прискоренням. Безпечне (шифрування) оновлення прошивки по радіоканалу (OTA) підтримується, крім усього іншого. Так що, вбудоване ПО кінцевого пристрою завжди може підтримуватися в актуальному стані.

Висновки до третього розділу

Технологія Bluetooth має багато переваг. Одні з них: малий об'єм плат, високу енергоефективність і широкий спектр використання. Застосування концепції інформаційного середовища дозволяє суттєво розширити функціональні можливості таких засобів забезпечення ЕМС, зокрема, з інтелектуальним керуванням за допомогою використання безпроводових технологій.

Доцільно застосовувати в ІМПЗФ мікроконтроллер з можливістю передачі даних за декількома бездротовими технологіями, залежно від багатьох параметрів таких як:

- 1) від стану електромагнітного оточення
- 2) від можливості підключення через один з каналів

Використовуючи модуль ESP-WROOM-32 можна отримати 2 канали зв'язку: як Bluetooth, так і Wi-Fi. Це дозволить використовувати прилади з ПЗФ практично в будь-яких умовах. При неможливості зкорегувати параметри ПЗФ за допомогою «хмарних» обчислень система керування фільтром звернеться до обчислення через канал зв'язку Bluetooth і навпаки.

4. РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ

Впродовж останнього десятиліття, стартап як форма малого ризикового підприємництва набула широкого розповсюдження у світі завдяки зниженню бар'єрів входу в ринок (поява Інтернету в якості інструменту комунікацій та збуту дозволила простіше знаходити споживачів та інвесторів, займатись пошуком ресурсів, перетинати кордони між ринками різних країн), та вважається однією з основних складових інноваційної економіки, оскільки за рахунок мобільності, гнучкості та великої кількості стартап-проектів загальна маса інноваційних ідей зростає.

Однак створення й ринкове впровадження стартап-проектів відзначається підвищеним ризиком, оскільки успішними на ринку стає лише невелика їх частка, яка складає за різними оцінками 10...20% від загальної кількості стартап-проектів. Ідея стартап-проекту, взята окремо, майже нічого не варта, оскільки на початковому етапі існування проекту головним завданням його керівника є перетворення ідеї проекту у працюючу бізнес-модель. Створення бізнес-моделі починається з формування концепції товару чи послуги, орієнтованої на певну клієнтську групу, за наявних ринкових умов.

Етапи розробки стартап-проекту:

1. Маркетинговий аналіз стартап-проекту

На даному етапі здійснюється:

- розробка опису ідеї проекту та визначення загальних напрямів використання потенційного товару чи послуги, а також опис їх відмінностей від конкурентів;
- аналіз ринкових можливостей щодо реалізації стартап-проекту;
- на основі аналізу ринку розробляється стратегія впровадження потенційного товару в межах проекту на ринок.

2. Організація стартап-проекту

На даному етапі здійснюється:

- складання календарного плану-графіку реалізації стартап-проекту;
- розрахунок потреб в основних засобах і нематеріальних активах;
- формулювання потреби в матеріальних ресурсах та персоналі на основі визначення планового обсягу виробництва потенційного товару;
- розрахунок загальних початкових витрат на запуск проекту і необхідних для реалізації проекту планових загальногосподарських витрат.

3. Фінансово-економічний аналіз та оцінка ризиків проекту

На даному етапі здійснюється:

- визначення обсягу інвестиційних витрат;
- розрахунок основних фінансово-економічних показників проекту (обсягу виробництва продукції, собівартості виробництва та ціни реалізації, податкового навантаження й чистого прибутку) та визначення показників інвестиційної привабливості проекту (запасу фінансової міцності, рентабельності продажів й інвестицій, періоду окупності проекту);
- визначення рівня ризикованості проекту та основних ризиків проекту, а також шляхів запобігання та реагування на ризики.

4. Заходи з комерціалізації проекту

На даному етапі:

- визначається цільова група інвесторів та описуються їх ділові інтереси;
- складається інвест-пропозиція, тобто стисла характеристика проекту для попереднього ознайомлення інвестора із проектом;
- плануються заходи з просування офerti (інвест-пропозиції): визначаються комунікаційні канали та площадки, плануються системи заходів з просування в обраних каналах та площадках;
- плануються ресурси для реалізації заходів з просування офerti.

Вищезазначені етапи при послідовній та вчасній реалізації створюють передумови для успішного ринкового старту.

4.1. Опис ідеї проекту

В табл. 4.1 наведено опис ідеї стартап-проекту, в табл.4.2 наведено визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту.

Таблиця 4.1 Опис ідеї стартап - проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Створення системи діагностування та виправлення проблеми електромагнітної сумісності	Звукотехнічні системи	Запобігання виходу з ладу від простих до складних пристроїв та приладів

Таблиця 4.2 Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

Техніко-економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів				W слабка сторона	N нейтральна сторона	S сильна сторона
	Мій проект	Конкурент 1	Конкурент 2	Конкурент 3			
Діагностика в реальному часі	+	-	-	-			+
Обробка та використання обчислень для обмежень завад, шумів, наведень	+	+	+	+		=	
Забезпечення ЕМС	+	+	+	+		=	

4.2. Технологічний аудит ідеї проекту

Технологічна здійсненність ідеї проекту наведена в табл.4.3.

Таблиця 4.3 Технологічна здійсненність ідеї проекту

Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
Обробка та використання обчислень для обмежень завад, шумів, наведень	Розробка алгоритму, дослідження, програмування;	Наявна	Доступна

4.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Попередня характеристика потенційного ринку стартап проекту наведена в табл. 4.4., а характеристика потенційних клієнтів - в табл.4.5.

Таблиця 4.4 Попередня характеристика потенційного ринку стартап проекту

<i>Показники стану ринку (найменування)</i>	<i>Характеристика</i>
Кількість головних гравців, од	20
Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	1000
Динаміка ринку (якісна оцінка)	Поступово зростає
Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Масове розповсюдження у вигляді програмного забезпечення
Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Згідно з ДСТУ
Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	80%

Таблиця 4.5 Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

<i>Потреба, що формує ринок</i>	<i>Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)</i>	<i>Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів</i>	<i>Вимоги споживачів до товару</i>
Збільшення тривалості роботи пристроїв та якості їх роботи	Великі підприємства що займаються виготовленням електронної техніки зокрема звукотехнічних систем	Експлуатація згідно сертифікаційних правил	- до продукції: Ефективність Якість Надійність - до компанії-постачальника: Професіоналізм Чесність Порядність Технічна підтримка

Фактори загроз, їх зміст та можлива реакція компанії наведено в табл.4.6.

Таблиця 4.6 Фактори загроз

<i>Фактор</i>	<i>Зміст загрози</i>	<i>Можлива реакція компанії</i>
Неможливість корегувати ПЗФ	У разі проблем з енергопостачанням	Перейти на пристрою безперебійного постачання живлення

В табл. 4.7 наведено фактори можливостей, їх зміст та можливу реакцію компанії.

Таблиця 4.7 Фактори можливостей

<i>Фактор</i>	<i>Зміст можливості</i>	<i>Можлива реакція компанії</i>
Якість діагностики системи	Якісно написане програмне забезпечення	Залучення

В табл. 4.8 наведено результати ступеневого аналізу конкуренції на ринку.

Таблиця 4.8 Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

<i>Особливості конкурентного середовища</i>	<i>В чому проявляється дана характеристика</i>	<i>Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)</i>
1. Тип конкуренції: чиста	В кого краще - в того купують	Покращення товару та обслуговування
2. За рівнем конкурентної боротьби: локальна	Належить до вузького ринку збуту;	Розширення функціоналу та орієнтації користувачів
3. За галузевою ознакою: внутрішньогалузева	Притаманна лише в середині однієї галузі застосування.	Розширення функціоналу та галузей застосування
4. Конкуренція за видами товарів: товарно-видова	Відрізняється видом схеми електричної, підбором компонентів між конкурентами.	Розширення функціоналу пристрою.
5. За характером конкурентних переваг: цінова та нецінова	Чим дешевше – тим привабливіше; Чим краще – тим рентабельніше;	Зниження собівартості та покращення якості товару.
6. За інтенсивністю: не марочна	Не жорстка конкуренція	Не агресивні форми піару

Фактори конкурентоспроможності та обґрунтування їх значущості наведено в табл.4.9.

Таблиця 4.9 Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

<i>Фактор конкурентоспроможності</i>	<i>Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)</i>
Ціна	Серед схожих по характеристикам систем обиратимуть ту, яка дешевше
Якість	Серед схожих по ціні систем обиратимуть яка має кращі характеристики
Відомість	При рівності двох перших факторів обиратимуть більш відомий товар

Результати порівняльного аналізу сильних та слабких сторін наведено в табл.4.10.

Таблиця 4.10 Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін «DP»

<i>Фактор конкурентоспроможності</i>	<i>Бали 1-20</i>	<i>Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з DP</i>						
		-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
Ціна					+			
Якість						+		
Відомість				+				

Аналіз слабких, сильних сторін стартап-проекту а також можливості та загрози наведено в табл.4.11.

Таблиця 4.11 SWOT- аналіз стартап-проекту

Сильні сторони: Алгоритм Оптимізоване програмне забезпечення, яке швидко працює	Слабкі сторони: Залежність від енергоживлення
Можливості: Перехід від одного каналу зв'язку до іншого в залежності від доступності	Загрози: Нові віруси, які «обходять» антивірус, можуть занести зміни у ПЗ

4.4. Розробка маркетингової програми стартап-проекту

Для розробки маркетингової програми стартап-проекту спочатку необхідно визначити базову стратегію конкурентної поведінки. Результати наведено в табл. 4.12

Таблиця 4.12 Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

<i>Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?</i>	<i>Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?</i>	<i>Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?</i>	<i>Стратегія конкурентної поведінки*</i>
Ні	Так	Ні	Стратегія заняття конкурентної ніші

Визначення ключових переваг концепції потенційного товару, тобто, вигоду, яку пропонує дана система для споживачів наведено в табл. 4.13.

Таблиця 4.13 Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

<i>Потреба</i>	<i>Вигода, яку пропонує товар</i>	<i>Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)</i>
Забезпечення довгої тривалості життя приладів та пристроїв	Автоматизована діагностика для усунення проблеми ЕМС	Двоканальний спосіб передачі обчислень за допомогою технологій як Wi-Fi так і Bluetooth

В табл.4.14 наведено рівень цін на товари замітники та аналоги, а також верхня та нижня межа ціни на систему.

Таблиця 4.14 Визначення меж встановлення ціни

<i>Рівень цін на товари-замінники</i>	<i>Рівень цін на товари-аналоги</i>	<i>Рівень доходів цільової групи споживачів</i>	<i>Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу</i>
100-110% від ціни нашого продукту	100-110% від ціни нашого продукту	100000	5000/10000грн

Формування системи збуту наведено в табл.4.15

Таблиця 4.15 Формування системи збуту

<i>Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів</i>	<i>Функції збуту, які має виконувати постачальник товару</i>	<i>Глибина каналу збуту</i>	<i>Оптимальна система збуту</i>
Задоволення потреб, планування та керування роботою споживачів, отримання рекомендацій на основі прогнозу	Збут товару та задоволення запитуваних потреб клієнтів	Усі можливі канали збуту (глибока)	Власна

Висновки до четвертого розділу

В результаті проведення маркетингового аналізу перспектив реалізації запропонованих науково-технічних рішень та пропозицій, оцінювання можливостей їх ринкового впровадження можна стверджувати, що даний проект має можливість ринкової комерціалізації та може бути рентабельним на ринку. Зростання попиту на аналогічні товари додає масовості придбання подібних товарів, але створює жорсткі конкурентні умови виходу на ринок.

З огляду на сучасний стан ринку, що потребує нових ефективних рішень, проект має високі перспективи впровадження. Перешкодами для входження на ринок може бути сильний конкурентний тиск з боку великих фірм, які займаються розробкою аналогічних продуктів, а також потреба в кваліфікованих кадрах та дорогій апаратурі. Але якщо правильно розставити пріоритети та зарекомендувати себе на ринку, проект має великі шанси на прибуток. Подальша імплементація проекту є доцільною та рентабельною.

ВИСНОВКИ

Питання сприводу електромагнітної сумісності є дуже затребуване. В боротьбі з завадами, наведеннями та шумами найкращим рішенням буде використання протизавадного фільтру. Проте, в залежності від умов експлуатації, від типу завад, від навколишніх обставин та інших причин використання одного і того ж самого ПЗФ є неможливим. Запропоновано рішення по створенню інтелектуального мережевого протизавадного фільтру, який зважаючи на обставини змінював свої характеристики та схему реалізації боротьби з завадами.

Такий ІМПЗФ керується завдяки двоканальному зв'язку по технологіям Wi-fi та Bluetooth. Обраний для цього мікроконтролер ESP-WROOM-32 аналізував би який з каналів доступний, відправляв запит для обробки даних на сервер по технології Wi-fi. Далі запит на сервері обробляється, використовуються «хмарні» обчислення та висилає свої вказівки по рекомендаційним параметрам або схемі. ІМПЗФ приймаючи дані, використовує їх та таким чином «адаптується» до тієї чи іншої ситуації. При неможливості відправки запиту на сервер по технології Wi-fi, або при довгому очікуванню відповіді, мікроконтролер відправляє дані по технології Bluetooth. Далі ввідбувається аналогічна ситуація з попереднім випадком.

Вбудована підтримка Bluetooth, Bluetooth LE і Wi-Fi гарантує високу ефективність застосування модуля з можливістю доробити (додати новий або розширити теперішній функціонал) в майбутньому:

1. Wi-Fi дозволяє говорити про високу ефективність застосування в задачах, де відбувається підключення до мережі Інтернет через Wi-Fi – роутер. Цей варіант буде використовуватися для «хмарних» обчислень по технології Wi-Fi.

2. Завдяки Bluetooth користувач може підключати модуль до смартфона або будь-якого іншого призначеного для користувача пристрою, включаючи пристрій для обчислень параметрів та схем протизавадних фільтрів.

Струм сплячого режиму ESP32 становить менше 5 мкА, що робить його оптимальним рішенням для пристроїв з батарейним харчуванням. Це також дозволить зробити пристрій автономним і «переносним» рішенням. Також це дозволяє вирішити одну з проблем Wi-Fi передавання, а саме: забезпечення безперебійного живлення.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Електромагнітна сумісність. URL:https://uk.wikipedia.org/wiki/Електромагнітна_сумісність
2. Електромагнітна сумісність.
URL:<http://tercsm.te.ua/електромагнітна-сумісність-емс/>
3. URL:<https://library.diit.edu.ua/uk/article/376>
4. Енергетична ефективність систем електропостачання : монографія / Г.Г. Півняк, І.В. Жежеленко, Ю.А. Папаїка ; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – 2-ге вид., переробл. і допов. – Дніпро: НТУ «ДП», 2018. – 148 с.
5. URL:http://4ua.co.ua/physics/xa2ad79b5c43a88521316d27_0.html
6. URL:http://mining.inf.ua/16/16_23.pdf
7. Методи та засіб забезпечення електромагнітної сумісності НПП
URL:https://rada.kpi.ua/files/dissertation/dis_Othman%20Ahmad%20Mohammad%20Sharadjah.pdf
8. URL:<http://kb-craft.ru/pomehi>
9. Електромагнітна безпека та електромагнітна сумісність технічних засобів / Б. Д. Халмурадов, Л. О. Левченко, В. А. Глива, Т. М. Перельот // Системи обробки інформації. - 2015. - Вип. 12. - С. 66-68.
10. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Електромагнітна сумісність радіоелектронних засобів» / Укл. Т.А. Цалієв. – Одеса: Вид-во ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2014. – 104 с.
11. Електромагнітна сумісність у системах електропостачання : підручник для магістрів / І. В. Жежеленко [та ін.] ; Нац. гірничий ун-т України. - Дніпропетровськ : [б. и.], 2009. - 319 с.
12. Электромагнитная совместимость потребителей: моногр. / И.В. Жежеленко, А.К. Шидловский, Г.Г. Пивняк и др. — М.:Машиностроение, 2012. — 351 с.

13. Методичні вказівки до виконання розрахунковографічної роботи з курсу "Автономні перетворювачі" на тему: "Розроблення вузлів низьковольтного джерела вторинного електроживлення"/ Укладачі: Є. Л. Онанченко, В. М. Гапич, І. Є. Бражник – Суми: Вид-во СумДУ 2009 - 30 с.

14. URL:uk.wikipedia.org/wiki/Тиристор

15. URL:<https://beasthackerz.ru/uk/kompyuter/bluetooth-v4-2-cto-zhe-deistvitelno-novogo-i-kak-eto-rabotaet-kak.html>

16. URL:<https://referat.me/communication/167723-suchasniy-rad-ozv-yazok-ta-yogo-zastosuvannya-v-r-znih-galuzyah-narodnogo-gospodarstva-ta-v-yskov-y-sprav>

17. URL:<https://uk.wikipedia.org/wiki/Bluetooth>

18. URL:<http://ipkey.com.ua/faq/471-what-is-bluetooth.html>

19. URL:<http://ultran.ru/esp-wroom-32>

20. URL:<https://prom.ua/p354647727-bluetooth-modul-rs232.html>

21. URL:<https://sitem.com.ua/3175tp.php>

22. URL:http://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:Bluetooth#.D0.A2.D0.B5.D1.85.D0.BD.D0.B8.D1.87.D0.B5.D1.81.D0.BA.D0.B8.D0.B5_.D1.85.D0.B0.D1.80.D0.B0.D0.BA.D1.82.D0.B5.D1.80.D0.B8.D1.81.D1.82.D0.B8.D0.BA.D0.B8_Bluetooth

23. URL:<https://www.iphones.ru/iNotes/588853>

24. URL:<http://celnet.ru/bluetooth.php>

25. URL:<https://ru.wikipedia.org/wiki/ESP32>

26. URL:https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-wroom-32_datasheet_en.pdf

27. URL:https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf

28. URL:https://www.elecrow.com/download/ESP-12S_User_Manual.pdf

29. URL:<https://ru.wikipedia.org/wiki/ESP8266#ESP8285>

30. URL:[tps://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex_datasheet_en.pdf](https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex_datasheet_en.pdf)

31. URL:https://www.espressif.com/sites/default/files/0a-esp8285_datasheet_en_v1.0_20160422.pdf
32. URL:https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-wroom-32_datasheet_en.pdf
33. URL:<https://www.microchip.com/wwwproducts/en/ATWINC3400>
34. Методические указания по контролю и анализу качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. РД 153-34.0-15.501-00. М.: Энергосервис, 2001.
35. Методические указания по контролю и анализу качества электрической энергии в электрических сетях общего назначения. Ч. 1. РД 153-34.0-15.501-00; Ч. 2. РД 153-34.0-15.501-01. М.: Энергосервис, 2003.
36. Кононов С.П. Основы звукотехніки. Навчальний посібник. – Вінниця: ВДТУ, 2001. – 70 с.
37. Харлов Н.Н. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2007. – 207 с.
38. Лунтовський А.О. Розподілені сервіси телекомунікаційних мереж та повсюдний комп'ютинг і Cloud-технології / А.О. Лунтовський, М.М. Клімаш, А.І. Семенко. – Львів: НУ «Львівська політехніка», 2013. – 368 с.
39. Згуровский М. З. Принятие решений в сетевых системах с ограниченными ресурсами / М. З. Згуровский, А. А. Павлов. – К. : Наукова думка, 2010. – 575 с.
40. Электроника и микропроцессорная техника: Учеб. Для вузов / В.Г. Гусев, Ю.М. Гусев. – 3-е изд., перераб. И доп. – М.:Высш.шк., 2005. – 790 с.
41. Кафедральна конференція «Сучасті технології кіно та аудіовізуальних систем", (м. Київ, 2019р.)
42. Терещенко Т.О., Хижняк Т.А., Лайкова Л.Г., Овсієнко М.Ю., Заруба Д.С. Визначення несправностей елементів напівпровідникових перетворювачів. Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. 2018. Том 29(68) № 5, частина 3, с. 127-132.

ДОДАТОК А

Реферат англійською мовою на тему магістерської дисертації

ABSTRACT

In real conditions, a large amount of various kinds of radiation acts at the location of electrical equipment, in this case in sound engineering systems. Their accounting is possible using the methods of probability theory and mathematical statistics. Ensuring the normal operation of jointly working hardware is the goal of EMC as a scientific problem.

Electromagnetic compatibility of technical means considers the devices and processes described in traditional electrical courses from the point of view of generating electromagnetic interference, their impact on electrical equipment, the degree of automation and correction of negative effects. Electromagnetic compatibility is a global issue that addresses a number of particular problems. An important place is occupied by environmental problems - the compatibility of the electric power industry and the noosphere.

An analysis of the studies showed that ensuring electromagnetic compatibility and electromagnetic safety is a dual task. The inconsistency of national standards for electromagnetic compatibility and electromagnetic safety, the direct use of international standards (equivalent) significantly impedes the introduction of modern technologies in all sectors of the economy and increase the level of labor safety and life.

Today, sound engineering systems (ZTS) are used in many fields of activity. They exist in warning systems, sound systems for large areas, are used both in production processes and in the field of leisure. ZTS is completely connected with sound reproduction and its quality as a feature. In turn, the quality of sound reproduction is directly related to the area of use, limiting the frequency and dynamic range in the process of processing exclusively the language and expanding to the possible limits of the sophisticated hearing of professional musicians. In this case, the range of converted powers varies from hundreds of kilowatts (used in large cinema complexes) to units of milliwatts, for example, in telephone dynamics) and fractions of microwatts (for recording on solid-state media). Usually in analogue ZTS, in the case of using equipment of the high

definition sound class (High Fidelity - HiFi), the variational-harmonic jet-coded is in the range from 20 Hz to 20 kHz. The main attention when studying the analysis of the structures and features of the operation of such systems is given to ensuring the quality and reliability of sound reproduction, which is indirectly associated with the assessment of interference, noise and interference in the process of converting an audio signal.

The main problems in developing a non-sinusoidality meter based on a personal computer (PC) or a Micro-PC series computer are the selection and evaluation of optimal algorithms for calculating non-sinusoidality by the instantaneous value of current and voltage; development of optimal measurement algorithms providing a minimum calculation error; the development of high-precision equipment for measuring instantaneous values, works according to the specified measurement algorithms and, finally, the implementation of the number algorithms in high-level algorithmic languages and the creation of a convenient graphical user interface.

The voltage coupler performs galvanic isolation, normalizes the signal level, and also disconnects the input signals from the measuring path when the device is turned off (input circuit protection). Similar functions are performed by the current coupler. Additionally, the device includes a current to voltage converter.

The audio section for music and cinema is created according to different principles. For music, important subtlety, sensitivity to the slightest changes in the "air". At the same time, the cinema track is full of powerful dynamic swings of sound effects, bright and clear tones that characterize a particular scene. To simplify the description, the tracks allow you to hear and imagine, while the soundtrack in the movie accompanies the picture. So, in both cases, the sound creates a certain mood, but they are fundamentally different. However, a certain part of the music will never reach the speaker systems, as it will be lost in the noise from the flood of the electronic part and will forever die down in the audio section itself.

The presence of interference, noise and interference in the audio path not only degrade the quality of the sound content that is recorded, amplified or transmitted, but can also cause a deterioration in the electromagnetic environment as a whole, both in the rooms where this path is formed and in both information and energy networks . Consider the features of the ZTS associated with the type of recording medium.

Each recording medium in the recording process introduces its own distortions in the recorded information due to the characteristics of the recording-playback process and the physical principle of registration. The restoration or restoration of phonograms recorded on analogue media provides, first of all, the reduction of distortions and noise introduced by the carrier itself, and then the improvement of the quality parameters of the recorded information to the level of modern digital media and requirements.

Any carrier is prone to perceive the harmful effects of the external environment and aging during operation. Each medium has the characteristic features of recording and playback, characteristic noise and distortion, the expiration date to playback, and the like.

The use of means of ensuring electromagnetic compatibility along conductive paths, in particular, noise suppression filters, unfortunately, does not allow to effectively limit interference. This is due to the presence of this uncontrolled propagation path of interference from the NPP ZTS. Conducted interference is propagated both symmetrically by the wires of the power supply network, and asymmetrical, along one of the wires and the ground, and the level of interference substantially depends on the efficiency of the grounding of the MTC, and the connection of the source of interference with the circuit of the noise. Figure 1.6 shows a schematic model of the propagation paths of conductive noise in the presence of a network equivalent (EM) and a noise suppressing filter (PZF) link connected to a secondary power supply (DVEZ) ZTS.

Interference suppression filters are designed to reduce the level of interference caused by the secondary power supply (DOEZH) penetrating the

primary power supply circuit. PZF is installed in the circuit between the primary power source and the DVEZh itself.

There are many approaches to the classification of electromagnetic fields: by the source of their occurrence, the distribution medium, and the nature of the impact on technical means.

Based on the propagation medium of electromagnetic interference are divided into:

- 1) Inductive. These include obstacles that propagate in the form of electromagnetic fields in non-conductive media;
- 2) Conductivity. This type includes currents flowing through conductive structures, as well as earth.

It is worth adding the above classification is conditional, since in real conditions the electromagnetic process taking place is the only one. It affects both the leading and non-conductive medium, therefore, during the propagation of many obstacles, their conversion from inductive to conductive and vice versa is possible. Such a separation can be considered relatively strict only in the low-frequency region (up to tens of kHz), where the connections (capacitive and inductive) are most often insignificant.

Using PZF reduces conducted noise. Electrical, magnetic and electromagnetic interference are reduced due to the rational design of DVEZh and electrostatic and magnetic shielding. There are special standards for permissible levels of industrial interference; all developers of electronic equipment are required to comply.

Interference suppression filters have the ability to pass currents of low industrial frequency and not to pass high-frequency currents of electromagnetic interference. Therefore, they can be implemented on the basis of any known low-pass filter schemes. For most filters, it is necessary to obtain a fairly sharp transition from a band in which there is good transmission of electric current to a band in which it will have a large electrical resistance. Filter attenuation should be evaluated at the lowest frequency of the frequency band being protected.

It is worth knowing that the parameters of the inductor, inductors and capacitors should be selected based on the interference limitation band, which is necessary. In this case, the voltage drop across the filter should not exceed 2% of the rated voltage of the primary network.

Today, one of the main technical means of providing EMC in conductive circles is an interference suppression filter. Features of interference suppression processes associated with both circuitry and design solutions of both the PZF proper and specific semiconductor converters (NPP) of sound engineering systems, as well as with the features of the information signal, i.e. phonograms.

While in the field of electricity generation there is a huge advantage so far on the AC side, the picture is somewhat different with respect to its consumption: DC installations now consume about 20-25% of all electricity.

The main DC power receivers include electrochemical devices (for example, devices for aluminum smelting, copper refining, chlorine and hydrogen evolution, battery charging, electrochemical coating, etc.), as well as DC motors in industry and transport.

An analog input filter is used to limit the bandwidth of an input analog signal before converting it to digital form to reduce the overlay of discrete spectra (the so-called anti-aliasing). The ADC converts the analog input signal to digital form. After digital processing in the processor, it is possible to generate a signal to control the parameters of the PFD to adapt the structure to the spectral components inherent in the audio content in the protected frequency band. The main node of the system shown in Fig. 2.11, - microcontroller or digital signal processor. A digital processor can execute one of several DSP algorithms and display the input sequence $u(n)$ to the output $u_y(n)$ without converting to an analog signal.

The disadvantages of the known solutions are:

- 1) Discreteness of tuning of own resonant frequencies of PFD;
- 2) Limited range of variation, and no active damping.

Therefore, the research and development of new methods and tools for providing EMCs is an urgent scientific task, which involves the need to

substantiate the choice of a rational method of limiting interference levels in ZTS, using high-performance microcontrollers or digital signal processors, to prove the possibility and feasibility of constructing intelligent PFPs that together limitation of interference is also the function of monitoring the EMO, implementing the tuning frequency response of the transfer function to the real level of interference, to offer solutions that allow real-time adapt the parameters of the PFM according to the EMC criterion.

The program using timers is advisable to use in the case of low-frequency PWM, which is most typical for audio content containing the language or sounds of musical instruments with the highest energy in the low-frequency region of the spectrum.

Also, this program is characterized by the restriction on the use of only 5 timers to generate PWM sequences of the formation of harmonic (tone) signals. Its advantage is that it provides a much simpler procedure for changing the frequency, shape and phase of signals for both magnetization and other applications.

Modeling of interference from a semiconductor inverter of DVEZ confirms the presence of significant levels of interference, even in the case of pauses in the sound content of the ZTS. The advanced simulation model contains a network equivalent that takes into account the impedance of the low-frequency power grid according to IEC / TR 60725 and EN 500065-1.

The results show that in the spectrum of interference it is possible to distinguish localized low-frequency components, which must be set by the attenuation maxima of the IMPF. The known structure of the filter [49], which allows to adapt its characteristics to the interfering environment. There are several procedures that can help to improve filter performance. Some of them require considerable computing resources and the implementation of such a device will lead to a significant increase in the price of the product.

The concept of intelligent anti-noise filter with remote processing as an element of information system is offered. It is advisable to supplement the known

structure with a wireless module (transmitter) for remote control of the PFP operation. This is the approach of the Internet of Things technology.

Based on the propagation environment, electromagnetic interference is divided into:

- 1) Inductive. These include interference that propagates in the form of electromagnetic fields in non-conducting media;
- 2) Conductive. This type includes currents that flow through the conductive structures, as well as the earth.

This classification is conditional because under real conditions the electromagnetic process is the only one.

For different requests it is necessary to use certain schemes of filters. There is no perfect filter that can suppress all types of interference. These PFPs can be controlled using a C8051F120 microcontroller that supports Wi-Fi technology.

It is clear that the intellectualization of the device increases the efficiency of the anti-noise filter. Because, this means both the proper allocation of resources and the maximum efficiency of the device with respect to the selection "in any situation".

It is suggested to use a dual-channel control solution for several reasons:

1. Utilization of the most energy efficient channel, which leads to a reduction of energy costs;
2. If it is impossible to use one of the control channels, the other will be activated and vice versa;
3. Allows centralization of devices that work together with the PFP in rooms or areas with a radius of up to 100 meters.

To realize the idea, you must use a microcontroller with an existing module, both Wi-Fi and Bluetooth.

The application of the concept of information environment can significantly expand the functionality of such means of providing EMC, in particular, with intelligent control through the use of wireless technologies.

Today there are many types of microcontrollers that are used in almost all homemade products. The main ones are:

1) ESP8266 - microcontroller of Chinese manufacturer Espressif Systems with Wi-Fi interface. In addition to Wi-Fi, the microcontroller is characterized by the absence of flash memory in the SoC, user programs run from an external flash memory with SPI interface. It attracted attention in 2014 due to the release of the first products on its base at an unusually low price;

2) ESP8285 - microcontroller in one chip which has both SoC ESP8266 and 1 MB of flash memory;

3) ESP32 - a series of low-cost microcontrollers with low power consumption. A crystalline system with integrated Wi-Fi and Bluetooth controllers and antennas.

4) ATWINC3400 is an IEEE 802.11 b / g / n network controller module and 5th generation Bluetooth. Its specification is the use in the Internet of Things (IoT).

Because only the last two speakers (ESP32 and ATWINC3400) have Bluetooth technology, they need more analysis and comparison of features.

In the table. 3.2 shows the detailed specifications of the ESP32-WROOM-32 (one of the most popular ESP32) and ATWINC3400 microcontrollers. It should be noted that only the characteristics that will be used in the work with IMPF will be compared.

It was decided to use ESP32 based SMT boards because they contain ESP32 SoC and are designed for easy integration into other boards. Measured inverted F-antenna designs are used to trace PCB antennas on modules. In addition to flash memory, some modules include pseudostatic RAM (pSRAM).

The ESP32 Sleep Current is less than 5 μA , making it the optimal solution for battery powered devices. It will also make the device a stand-alone and portable solution. It also addresses one of the problems with Wi-Fi transmission, namely uninterruptible power supply.

ESP32 supports data rates up to 150 Mbps and outputs 20.5 dBm to the antenna. Thus, the chip is a industry-leading specification of parameters and

excellent performance of the processor core, wireless controller, high range, optimal power consumption, a wide range of communication capabilities. The operating system used in the ESP32 kernel is freeRTOS with support for LwIP and TLS 1.2 hardware acceleration technologies. Secure (encrypted) firmware update over the air (OTA) is supported, among other things. So, the firmware of the end device can always be kept up to date.

There are many advantages to Bluetooth technology. Some of these are low board size, high energy efficiency and a wide range of uses. The application of the concept of information environment can significantly expand the functionality of such means of providing EMC, in particular, with intelligent control through the use of wireless technologies.

It is advisable to use a microcontroller with the ability to transfer data on several wireless technologies, depending on many parameters such as:

- 1) from the state of the electromagnetic environment
- 2) from being able to connect through one of the channels

Using the ESP-WROOM-32, you can get 2 channels of communication: both Bluetooth and Wi-Fi. This will allow the use of PFP devices in almost any conditions. If you cannot adjust the PFP parameters using cloud computing, the filter control system will refer to the calculation via the Bluetooth communication channel and vice versa.